

Der lange Weg vom Faustkeil zum Mansfelder Kupfer

Der Vortrag endet mit der Phase der Aufbereitung der Kupferschiefer zum Kupfer- Rohstein

Ausstellungsmaterialien: Rohfeuersteine und Obsidian, Steinwerkzeuge, mehrere Teile natives Kupfer, Kupferminerale Malachit und Azurit, Mansfelder Kupferschiefer mit Kupferkies (Chalkopyrit), Bornit. Möller = Koks, Schiefer, Flussspat, Bronze, Messing, Rohbraunkohle, Erdöl, Kupfer- Rohstein, Originale Werkzeuge der Mansfelder Bergleute die bis um das Jahr 1920 genutzt wurden und ein ab den 1920er Jahren Druckluftabbauhammer, Fossilien, Steinsalze und Gipsvarianten. Kupferkonzentrat aus Chile,.

Bildmaterial A3, Kurzvideos über Abbau und Schmelze von Malachit, Video Metallguß, ein Mansfelder Bergwerk, der Arbeitstag eines Mansfelder Bergmannes, der Schlackenabsturz auf Halde in Helbra. Nach Absprache kann auch erklärt und im Video gezeigt werden, wie Kupferkonzentrat hergestellt wird. Bei Interesse kann das Filmmaterial der Schule kostenfrei übergeben werden.

Die Mitwirkung eines Kupferschmiedes ist eventuell möglich.

Was soll erreicht werden?

1. Mit Hilfe der Sachzeugen, Bild- und Video Material, soll das Interesse an der Entwicklung des Menschen durch den Gebrauch von Werkzeugen und der dafür erforderlichen Rohstoffe geweckt werden und dabei der Bergbau als Voraussetzung erkannt werden.
2. Es soll erkannt werden, das Rohstoffe unterschiedliche Eigenschaften besitzen und sich daraus unterschiedliche Verarbeitungsmethoden ergeben. Konkret geht es um das oxidische Kupfermineral Malachit und das sulfidische Mansfelder Kupfererz wie Kupferkies (Chalkopyrit).
3. Es soll der Nutzen der Metalle, insbesondere von Kupfer und seinen Legierungen verstanden werden.
4. Abschließend sollten die Schüler in der Lage sein, die 800 jährigen Leistungen der Mansfelder Berg- und Hüttenleute zu würdigen. Kann man auf diese Leistungen der Vorfahren stolz sein und ist dies auch ein Grund dafür, mit technischen Geräten, die u.a. auch Kupfer enthalten sorgsam umzugehen?

Ein möglicher Einstieg in das Thema: Bronzezeit / Metalle und regionale Geschichte
altersgerecht für Klassenstufe 4 bis 6, Hinweis: Die Datei enthält alle notwendigen Informationen um als Außenstehender das Material für Unterrichtszwecke zu nutzen.

Kurze Einführung : Was ist ein Metall?

ein Metall verfügt über bestimmte Eigenschaften wie eine gute Fähigkeit **Wärme und Strom** weiterzuleiten, es ist **verformbar** und hat einen **Glanz** wenn Licht darauf fällt.

Hinzu kommt, das es bis auf wenige Ausnahmen fest sein muss (Quecksilber)

Bei Kupfer kommt noch hinzu, das dieses Metall ohne Qualitätsverluste unendlich recyclet werden kann. Das bedeutet für uns, das wir heute noch immer Kupfer in unseren elektrischen Geräten haben können, das einst unsere Vorfahren, die Mansfelder Berg- und Hüttenleute erarbeitet haben

- Unterschiede von Eisen und Kupfer- Rost und Patina

- Buntmetalle: Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Blei (Pb), Zinn (Sn), Zink (Zn), Legierungen wie Messing und Bronze.

- Metalle für die Gesundheit

Wer hat zu Hause einen Fernseher? Auch hier gibt es einige Metalle ohne die der Fernseher nicht funktionieren würde wie zum Beispiel Zinn, Gold, Eisen und vor allem Kupfer. Warum Kupfer? Der Fernseher braucht Strom und der kommt aus der Steckdose. Der Strom kommt aus dem Kraftwerk mit Hilfe von Kupferkabel direkt ins Haus und an die Steckdose und von da bis zum Fernseher wird der Strom wieder mit einem Stromkabel befördert.

Oder die Windräder mit denen mit Hilfe der Kraft des Windes Strom erzeugt wird und der auch weiter geleitet werden muss. In einem Windrad befinden sich über 8 Tonnen Kupferkabel, das ist genauso viel wie ein männlicher Elefant wiegt.

Oder Auch in einem Auto gibt es einige Metalle, darunter Aluminium, Eisen, Blei und auch wieder Kupfer in Form von Kabeln also Leitungsdrähten. In Autos mit Verbrennungsmotor befindet sich rund 30 Kg Kupfer, in einem Elektroauto befindet sich noch viel mehr. Das Kupfer befindet sich in Kabel und Leitungsdrähten damit das Auto richtig fahren und bei Dunkelheit das Licht einschalten kann, genauso wie wir es zu Hause machen um nicht im Dunkeln zu sitzen.

Damit wir aber Licht haben und nicht im Dunkeln sitzen, das verdanken wir dem Metall Kupfer und auch den Mansfelder Berg- und Hüttenleuten, die das Kupfererz aus der Erde geholt und die Hüttenleute das Kupfer heraus geschmolzen haben.

Damit wir Fahrrad, Motorrad und Auto fahren oder mit dem Flugzeug fliegen können, und vor allem Abends nicht im Dunkeln sitzen müssen und Licht haben, musste ein langer Weg zurückgelegt werden, von der Zeit, in der die Werkzeuge der Menschen aus Stein bestanden und Metalle völlig unbekannt waren. **Und von diesem langen Weg handelt dieser Vortrag (ca. 45 Minuten bis 60 Minuten und nach Vereinbarung)**

Der lange Weg vom Faustkeil zum Mansfelder Kupfer



- 1 = Feuerstein/ Rohstein, 2 = Werkzeuge aus Feuerstein
3 = Tierknochen als Werkzeug, 4 = gediegen Kupfer (9x)
5 = Kupferminerale Malachit (4X), 6 = Azurit, Kupfermineral
7 = Chalkopyrit / Kupferkies, 8 = Buntkupferkies/Kupferlazur



Was sehen wir auf diesen beiden Bildern?

Auf dem oberen Bild sehen wir eine Familie, die an einem **Feuer** sitzt und auch ganz anders gekleidet ist als wir heute.

Der Vater hat **zwei Steine** in der Hand und versucht ein Werkzeug aus Stein herzustellen.

Die Mutter ist dabei beschäftigt, mit einem Steinwerkzeug von einem toten Hirsch das Fell abzulösen. Ein anderes Familienmitglied bewacht das **Feuer**, damit es nicht erlischt, denn ohne Feuer gibt es keine Wärme und man muss das Fleisch roh essen.

Diese Zeit bezeichnen wir als **Steinzeit**. Denn unsere Vorfahren hatten kein anderes Material zur Verfügung, um sich bessere Werkzeuge herstellen zu können.

Man kannte nur Steine und noch keine Metalle.

Auf dem unteren Bild sehen wir eine Familie von heute beim Frühstück.

Die Mutter schneidet mit einem Messer aus **Metall** ein Brötchen auf und der Junge hält ein Glas Milch in der Hand und hat dabei Spaß. Auf dem Tisch stehen Tassen und Teller aus Porzellan und auch einige Brötchen. Der Vater und die Schwester scheinen sich sehr zu freuen.

Wenn wir nun beide Familien betrachten, so stellen wir viele Unterschiede in ihrem Leben fest. Zwischen den beiden Familien gibt es einen zeitlichen Unterschied von vielleicht 500.000 Jahren. **Man hat noch keine Metalle entdeckt** mit denen man ein besseres Leben erarbeiten kann.

Die Zeit war dafür noch nicht reif . (das bisher älteste Steinwerkzeug ist 2,6 Mio.Jahre alt)



Die Bilder befinden sich im A3 Format

Welche Werkzeuge waren das?

Der Mensch der Frühzeit stillte seinen Hunger mit den Pflanzen und Früchten, die er mit seiner Hand erreichen konnte. Eines Tages wird die pflanzliche Nahrung nicht mehr ausgereicht haben, den Hunger zu stillen. Es gab aber viele Tiere, mit denen man seinen Hunger stillen konnte, aber womit kann man Wild jagen und töten, um es zu essen? Es war für unsere Vorfahren eine sehr schwierige Zeit, es herauszufinden. Es gab ja niemanden, der es wusste und den man fragen konnte. Vielleicht haben diese frühen Menschen mit Hilfe von Steinen Nüsse aufgeschlagen, um an die Nuss zu kommen und dabei gelernt, mit Steinen geschickt umzugehen?

Vielleicht war das der Anfang vom zunächst unbewussten Umgang mit Steinen bis zum bewussten bearbeiten und damit zur Herstellung geeigneter Steinwerkzeuge

(Beachte den Energie Unterschied von pflanzlicher und tierischer Nahrung. Ötzi brauchte täglich ca. 5000kcl., heute reichen täglich ca. 2000kcl. zum Leben aus)

Vor 2,6 Mio. Jahren Erste Werkzeuge



Weltweite Ausgrabungsfunde haben bewiesen, dass Steinwerkzeuge sich in verschiedenen Etappen voneinander entwickelt haben aber zugleich eine Ähnlichkeit aufwiesen.

Zu Beginn, als man noch keine Erfahrungen hatte, schlug man die Steine unbewusst aneinander und sammelte dabei erste Erfahrungen, um bessere Werkzeuge und auch Waffen herzustellen.

Welche Steine eignen sich dazu am besten?

Die Erfahrung hat unsere Vorfahren gelehrt, dass Steine, welche sich leicht spalten lassen, zur Herstellung verschiedenster Werkzeuge sich am besten eignen. Solche Steine sind u.a. der **Feuerstein** und der **Obsidian**.

(Die Erfahrung ist die Schule und der Lehrmeister für die Entwicklung der Werkzeuge)

(Der Feuerstein ist aus aufgelösten Skelettresten von Kieseltierchen entstanden. Deshalb finden sich auch häufig Reste von einstigen Lebewesen, wie etwa Moostierchen, im Feuerstein. Entstehungszeit vor 130-65 Mio. Jahre in marinen Kalksedimenten der Kreide)

Der Feuerstein kommt in unserer Heimat sehr häufig vor. Im Jahre **2013** hat man auf einem Feld, der Ortschaft Erdeborn, rund 100 Gruben aus einer Zeit vor über **6000** Jahren gefunden, in denen nach diesem Stein gesucht wurde. Diese Gruben sind ein guter Beweis dafür, dass der Bergbau im Mansfelder Land älter ist als 800 Jahre. Man kann den Feuerstein auf Feldern finden. Besonders dann, wenn diese mit dem Pflug umgegraben wurden und diese Steine an die Oberfläche gelangen. In einem Garten in Helbra wurden auch schon einige Feuersteine gefunden. (Hinweis auf den Gesteinsgarten in Helbra, Hauptstr.24)

Hinweis: Die Epoche der ersten steinzeitlichen Bauern in Sachsen-Anhalt, begann vor rund 7.300 Jahren. Diese Zeit wird vor allem durch tausende Artefakte wie Steinwerkzeuge, Äxte, dokumentiert.. Landesamt für Denkmalschutz.

Neben dem Steinmaterial nutzte man auch geeignete Tierknochen, das Horn der Geweihe von Hirschen, aber auch Holz als Werkzeuge.

Faustkeile, Messer und Pfeilspitzen sowie Äxte waren die Werkzeuge der Steinzeit.

Bei der Bearbeitung der Steine werden die Vorfahren auch bemerkt haben, dass der Feuerstein beim Schlagen Funken gibt und das man mit etwas Geschick auch ein Feuer entzünden kann. Es gibt natürlich noch weitere Möglichkeiten um ein Feuer zu machen, zum Beispiel durch Reibung mit Holz und trockenem Gras.

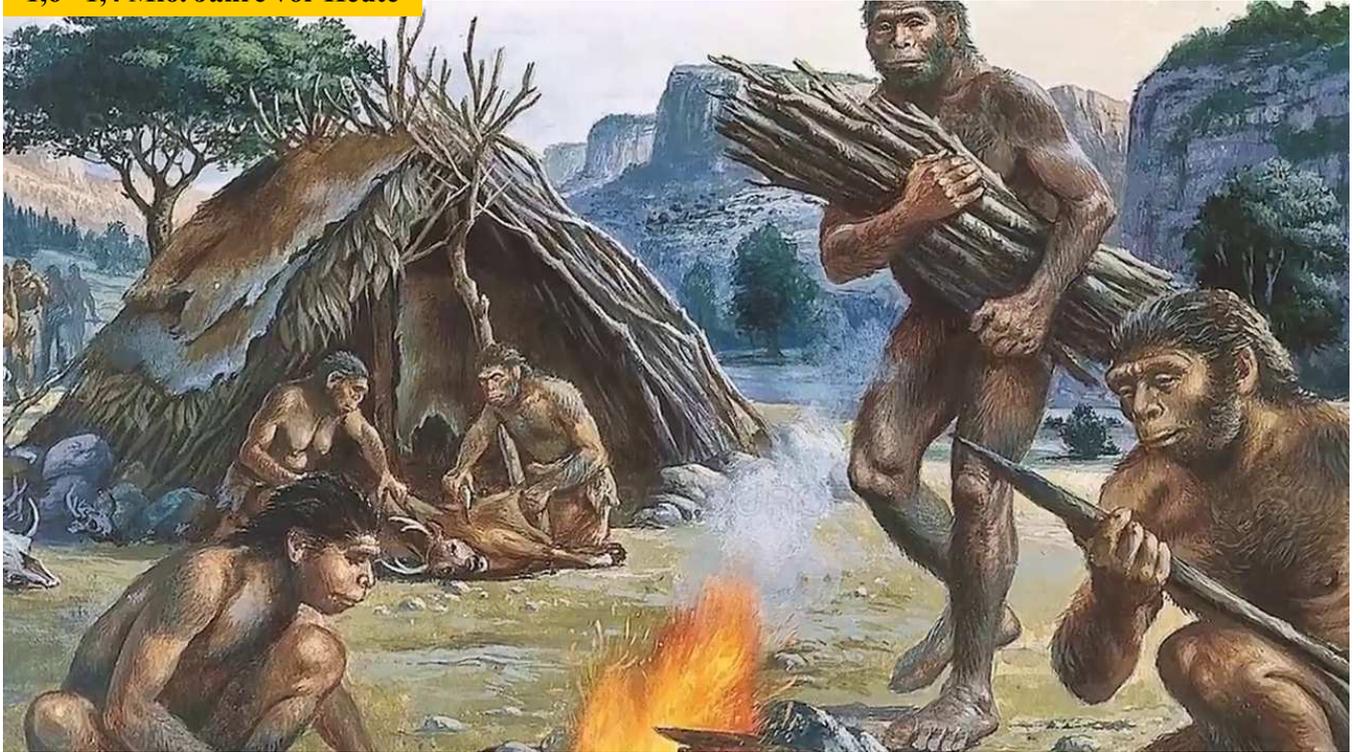
Das Feuer spielt bei der Ernährung und dann bei den Metallen eine sehr wichtige Rolle.



Werkzeuge zum Anfassen

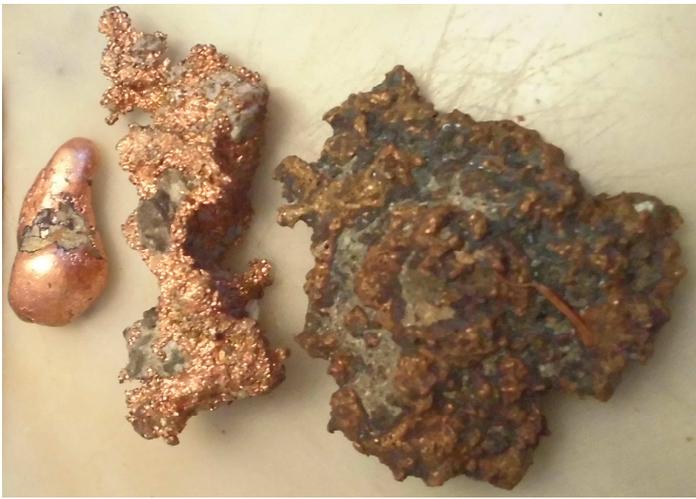
Wie alles begann.....

Homo Erectus
1,6 –1,4 Mio. Jahre vor Heute



Homo habilis
2,3 –1,5 Mio. Jahre vor Heute





Wie das Metall Kupfer entdeckt wurde.

Die Entdeckung der Metalle wie Kupfer, erfolgte weltweit zu unterschiedlichen Zeiten in verschiedenen Regionen der Erde vor etwa 10.000 Jahren.

Da man über keine Erfahrung im Umgang mit Materialien außer mit den Steinen, Holz, Horn und Knochen hatte, war es reiner **Zufall**, das ein Vorfahr einen Stein fand, der ganz anders war und

Aussah, als jene, mit denen er bisher Werkzeuge und Waffen angefertigt hatte. Wahrscheinlich fand der Vorfahr im Wald, im Grasland oder in der Steppe einen Stein, der sich beim bearbeiten anders verhielt. Dieser Stein ging nicht entzwei, sondern er verformte sich und dabei wurde ein rötlich-brauner Farbton sichtbar.

Vielleicht legte er diesen neuen Stein auch in ein Feuer, um zu sehen, was passiert. Es passierte nichts, nur, dass dieser Stein sich verformte. Heute wissen wir, dass dieser Vorfahr **natürliches Kupfer** gefunden hat, das man auch kalt bearbeiten kann. Wenn man dieses Kupfer auf ein Feuer legt, wird es weich und damit leicht verformbar. Mit etwas Übung und Geschick, kann man damit zum Beispiel Schmuck und Messer herstellen. Zum bearbeiten nutzte man weiterhin Steinwerkzeuge und zum festhalten der heißen Kupferteile verwendete man geeignete Holzzweige als eine Art Zange. **Eine Auswahl von natürlichem Kupfer, Malachit und Azurit kann begutachtet werden**



Dieser Vorfahr wurde aber auch auf einen anderen Stein aufmerksam, den er ebenfalls am Boden oder auf einem Felsen fand, der eine freundliche grünliche Farbe hatte. Auch diesen farbigen Stein bearbeitete er und stellte dabei fest, dass dieser Stein sich leicht auch zu Pulver, wie Mehl, zermürben lässt. Der Staub des Steines war so fein, dass man sich damit sogar das Gesicht schminken konnte.

Vielleicht kam er auch auf die Idee, seine Töpferwaren mit diesem farbigen Steinpulver zu verzieren. Es kann natürlich auch sein, dass er ausprobieren wollte, was geschieht,

wenn er das farbige Gesteinspulver auf ein Holzkohlefeuer legt. **Heute wissen wir**, dass ein solches einfaches Holzkohlefeuer ausreicht, um eine Temperatur von über 1000°C zu erzielen, um das Gesteinspulver zu schmelzen. Dieser farbige Stein war **Malachit**, er besitzt einen Kupfergehalt von über 50 Prozent und besteht nur aus den Elementen **Kupfer, Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff**. **Auf Grund dieser Zusammensetzung, kann man den Malachit nachdem man ihn zerkleinert hat, auf einem Holzkohlefeuer zum schmelzen legen und das Metall Kupfer gewinnen. Mit dem Mansfelder Kupferschiefer war und ist das so nicht möglich!!!**

Diese unkomplizierte und mit wenig Aufwand betriebene Schmelzarbeit, war auch der Grund der Entdeckung des Metall Kupfer und seiner Verarbeitung. Das Kupfermineral Malachit, ist ohne Übertreibung, der Ursprung unseres heutigen Wissen bei der Metallgewinnung und Verarbeitung.

Mit dem Mansfelder Kupferschiefer, der einen geringen Kupferanteil von max. 3 Prozent besaß, ist eine mehrstufige **aufwendige Aufbereitung** notwendig, die sich von nahezu reinen Erzminerale unterscheidet. Der erste Schritt zur Verarbeitung des Kupferschiefererzes war deshalb das Verschmelzen zu der aus dem Gesteinsanteil entstehenden Schlacke und dem die sulfidischen Erzminerale darstellenden **Kupfersstein**, einem Gemisch von **Kupfersulfid (Cu₂S) und Eisensulfid (FeS)** der sich auf Grund seiner Dichte sich im Schmelzfluss gut von der leichteren **Schlacke** trennt. Die für das totale verflüssigen des Kupferschiefers erforderliche Temperatur, lag oberhalb von **1250°C** und als schmelzförderndes Mittel, wurde noch Flußspat (Fluorit) zugeführt. Um eine solch hohe Temperatur von über 1250°C zu erreichen, reichten die mit **Muskelkraft** betriebenen Blasebälge oder Schmiedefeuere nicht mehr aus. Dazu bedurfte es großer Blasebälge, deren Konstruktion und Antrieb mit Wasserkraft sich um diese Zeit am Ende des 12. Jahrhunderts in den ersten Ansätzen zu entwickeln begann. Erst ausreichende und kontinuierliche Windversorgung gestattet das totale Schmelzen, wodurch, indem das Schmelzgut verflüssigt selbständig den Ofen verlässt, ein ständiges Zuführen neuer Beschickung ermöglicht wird, dh. kontinuierliches Verschmelzen. **Dieses Wissen brachten um das Jahr 1199 die beiden berufserfahrenen Bergleute Nappian und Neucke mit ins Mansfelder Land und dieses Wissen war ihr Vermögen von dem der Mansfelder Geschichtsschreiber Cyriacus Spangenberg, in seiner Chronik sprach. Siehe Anhang**

Das so gewonnene Metall Kupfer, konnte nun seinen sprichwörtlichen Siegeszug über die Werkzeuge aus Stein antreten. Die Steinwerkzeuge blieben aber noch sehr lange in Gebrauch, denn das Kupfer musste ja immer noch mit einem härteren Werkzeug bearbeitet werden.

Anfänglich legte man den zerkleinerten Malachit auf das Holzkohlefeuer zum Schmelzen, aber dabei kam es auch zu Verunreinigungen der Schmelze oder die Schlacke löste sich nicht richtig vom Kupfer. Das führte dazu, dass man das abgekühlte Kupfer mit einem geeigneten Steinwerkzeug bearbeitete, um die anhaftenden Verunreinigungen zu entfernen.

Diesen Schmelzvorgang musste man mehrmals wiederholen, bis das Kupfer fast sauber war. Nachdem man erste Erfahrungen gesammelt hat, kam man auf die Idee, einen Becher aus Ton anzufertigen und in diesen das Malachitpulver zu legen und den Becher in das Holzkohlefeuer zu stellen.

Auf diese Weise gelang es erstmals, fast sauberes Kupfer herzustellen.



Mit Hilfe von Werkzeugen aus Stein, Holz, Knochen und Horn, erfolgte der Abbau von Malachit

Kurzvideo vorhanden



Der Malachit wurde mit Hilfe eines Stein zerkleinert und zu Pulver zerrieben





Mit Hilfe von Holzstöcken die innen hohl waren; fertigte man Blasrohre an um damit die Wärme des Feuer auf über 1000° Celsius zu bringen und auch für eine lange Zeit diese hohe Temperatur zu halten.

Dazu wurden aber mehrere Menschen gebraucht, welche die Luft durch die Blasrohre bliesen. Der Teil der Blasrohre, der dem Feuer am nächsten war, wurde mit Lehm umkleidet um diesen vor dem verbrennen zu schützen

Kurzvideo vorhanden



Kupfer ist aber nicht so stabil wie ein Stein. Es lässt sich leicht verformen. Damit ist es für Werkzeuge und Waffen nicht geeignet.

Ein Speerspitze aus Kupfer, würde sich daher leicht verbiegen und wäre nicht zu gebrauchen. Kupfer würde sich daher nur für die Herstellung von Schmuck eignen

Die Menschen machten aber bald noch eine andere Entdeckung als diese, vielleicht auch wieder durch Zufall, in dem man einen anderen zerkleinerten Stein mit in eine Kupferschmelze legte und später feststellte, dass ihr Kupfer viel stabiler war.

Was war passiert? Man hatte durch Zufall **Zinnerz** gefunden, das ebenfalls ein Metall ist. Man hat das Kupfer und das Zinn in einem Becher aus gebranntem Ton wieder in ein Feuer gestellt und wieder wurde solange mit den Blasrohren Luft in das Feuer geblasen, bis in dem Becher alles geschmolzen war.

Beide Metalle, das Kupfer und das Zinn haben sich in der flüssigen Schmelze miteinander verbunden und damit ist ein **neues Metall** mit völlig neuen Eigenschaften entstanden. Mit diesem neuen Metall, dem man den Namen **Bronze** gab, konnten nun neue und bessere Werkzeuge und Waffen hergestellt werden. Dieses **neue Metall** gab dann dieser Zeit auch seinen Namen: **Bronzezeit**. Die Verschmelzung beider Metalle bezeichnet man als **Legierung**.

Die **Kupfer– Steinzeit**, also die Zeit, in der man das Kupfer zunächst in gediegener, elementarer Form entdeckte, begann vor ca. 10.000 Jahren mit der Sesshaftigkeit der Menschen und die Zeit der Bronze vor ca. 4000 Jahren. Man muss aber beachten, dass all diese Entwicklungen von Region zu Region zu verschiedenen Zeiten stattfanden und die Metalle nicht überall vorhanden waren. In der Kupfer/ Bronzezeit hatte man auch die Entdeckung gemacht, dass man die Metallschmelze auch in eine Stein- oder auch Lehmform gießen kann. Mit dem **Metallguß** war man natürlich in der Lage, neue Werkzeuge, Schmuck und Waffen schneller herzustellen.



Das nächste Metall das entdeckt wurde war **Eisen**. Damit war ein Metall gefunden, mit dessen Eigenschaften wesentlich bessere Werkzeuge und Waffen hergestellt werden konnten.

Unterschiede bei Korrosion von Eisen und Kupfer (Rost und Patina)

Diese Zeit, als **Eisenzeit** bezeichnet, begann ca. 1000 Jahren vor unserer Zeitrechnung und in dieser Leben wir heute noch. In dieser Zeit ist noch die Elektrifizierung hinzu gekommen die wiederum ohne das Metall Kupfer gar nicht möglich ist.

Beispiel:

Eisenerzabbau in Tilkerode
18. Jahrhundert

Eisenfund in Helbra,
Weißes Tal
Brauneisenstein
700 v.u.Zeit

Eisenfunde in der
Bronzezeit war aus
Eisenmeteorit



Kurzvideo vorhanden

Mit einer **Kupfer-Zinn Legierung**, kann man auch **Bronze Glocken** herstellen. Hierbei muss man aber folgendes beachten. Eine Glocke aus Kupfer gibt beim Schlagen einen dumpfen Klang. Will man aber einen besonderen Glockenklang, so muss man wissen, welche **Menge Zinn** man der Kupferschmelze zufügt. Wird zum Beispiel zu viel Zinn zugefügt, dann ist die Bronze der Glocke zu stabil, so dass sie beim Schlagen zerbricht. Das Gleiche gilt auch bei einem Bronzeschwert oder bei einer Bronzekanone. Es gibt heute auch Legierungen mit Kupfer und Aluminium, wodurch das Aluminium selbst so fest wird, dass man damit Flugzeuge bauen kann (Duraluminium). Heute gibt es über **400** Legierungen !!! mit Kupfer. (vgl. Deutsches Kupferinstitut)



Man rechnet allgemein mit einem Verhältnis von 90 % Kupfer + 10% Zinn für eine Bronze. Das gewünschte Ergebnis bestimmt aber die jeweilige Zusammensetzung. (Warum ist die Legierung Bronze stabiler? Hinweise zu Metallgitter und unterschiedliche Atommasse)

Die nächste wichtige Entdeckung ist das Metall **Zink**. Diese **Kupfer - Zink Legierung**, bezeichnet man als **Messing** und hat einen goldenen Farbton, den man u.a. auch bei Musikinstrumenten sieht.



Aber mehr darüber erfahrt ihr später im Chemieunterricht.

Wir machen jetzt einen Sprung von über 800 Jahren zurück in das Jahr 1199 in das Mansfelder Land.

Die ältesten Spuren des Bergbaus im Mansfelder Land reichen bis in die jüngste Steinzeit zurück. So wurden z. B. auf alten Schmelzstellen bei Wolferode steinzeitliche Werkzeuge gefunden. Vor etwa 5000 Jahren bereits wurde hier Mansfelder Kupfer gewonnen und für Schmucksachen und kleinere Gebrauchsgegenstände und bald auch für Waffen verwendet. Dazu auch den Bergbau wegen Feuersteine vor 6000 Jahren bei Erdeborn

Am Ausgehenden des Kupferschieferflöz, rings um die Mansfelder Mulde wie auch in der Gegend von Wolferode, mögen die Menschen jener Zeit die verwitterten, grün und blau gefärbten Kupfererze (Malachit und Azurit) neben dem roten metallischen Kupfer (gediegen Kupfer) gefunden haben. Malachit entsteht bei der Verwitterung von Kupfererzen. Das metallreiche Flöz muss sich also Oberflächennah befunden haben und der Verwitterung ausgesetzt gewesen sein, damit sich die farbigen Kupferminerale Malachit und Azurit bilden konnten, die dann die Aufmerksamkeit der Menschen erzeugte.



Wir wissen, dass ungefähr **um 1900** vor Beginn unserer Zeitrechnung dieser hohe Stand des Wissens und der praktischen hüttenmännischen Erfahrung zur Herstellung von Bronze aus Kupfer-Zinn-Mischerzen oder einem künstlichen Gemisch von **oxydischen Kupfererzen** und Zinnerzen unter Zugabe von Holzkohle bereits bekannt war. Die damalige zentrale Bedeutung Mitteldeutschlands für die Kupfergewinnung läßt sich durch Werkstättenfunde und eine auffallende Häufung von reichen Schatzfunden nachweisen. **Nach 1500** vor Beginn unserer Zeitrechnung wurde diese hohe Kulturentwicklung unterbrochen. Die Ursachen dafür sind nicht bekannt. Ob Seuchen, klimatische Veränderung oder kriegerische Ereignisse den Untergang jener Kultur verursacht haben, kann heute nicht mehr festgestellt werden. Man hat jedoch Nachweise dafür, daß die mitteldeutschen Bronzehandwerker jener Epoche damals nach den Alpengebieten abgewandert sind, wo die Kupfergewinnung inzwischen ebenfalls begonnen hatte und wo Erze in einem für jene Zeit verhältnismäßig hoch entwickelten Bergbau aus der Tiefe gefördert wurden. (Vgl. X)

Die Geschichte des Mansfelder Kupferschieferbergbau, begann vor über 800 Jahren um das Jahr 1199 mit Hilfe zweier Harzer Bergleute, benannt als Nappian und Neucke. Beide Bergleute stammen vermutlich aus dem Raum Goslar, wo der Bergbau und die Verhüttung von Kupfer und anderen Metallen seit dem **9. Jahrhundert** stattfand. Im 11. Jahrhundert gab es im Raum Goslar kriegerische Auseinandersetzungen, in deren Folge viele Schächte und Hütten zerstört wurden. Die Bergleute waren gezwungen auf Wanderschaft zu gehen, um eine neue Existenz aufzubauen. Viele Harzer Bergleute wanderten daraufhin **nachweislich** bis ins Erzgebirge, wo der Zinnbergbau erfahrene Arbeitskräfte gut gebrauchen konnte. Zwei dieser auf Wanderschaft befindlichen Bergleute, denen der **Mansfelder Chronist Spangenberg**, den Namen **Nappian und Neucke** gab, kamen auch ins Mansfelder Land und in den Raum des heutigen Hettstedt.



Beide waren sie berufserfahrene Bergleute. Diese hatten das Wissen und auch die Erfahrung aus ihrer Harzer Heimat über den Umgang mit **sulfidischen Erzen** und deren Verhüttung, welches die Mansfelder Bürger **nicht** hatten. X = Vgl. Handbuch für den Kupferschieferbergbau, Eisenhut / Kautzsch



Nappian und Neucke. Steinplastiken aus dem 14. Jahrhundert,
im Liegen arbeitende Bergleute darstellend



Noch einmal zu den Unterschieden von Malachit und Mansfelder Kupfererz und warum die Kupfergewinnung bei Mansfelder Kupfererz daher anders und komplizierter ist.



Malachit ist ein **oxidisches** Kupfermineral, das bei der Verwitterung von Kupfererzen entsteht und das man an der Erdoberfläche finden kann. **Malachit besteht aus dem Element: Kupfer, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.** Kupferanteil über 50%

Aufgrund dieser Bestandteile, war bzw. ist es möglich, Malachit mit einem geringen Aufwand auf einem Holzkohlefeuer oder sogar mit getrocknetem Kameldung, zu schmelzen.



Mansfelder Kupferschiefer ist ein Meeres Sedimentgestein das aus einem Gemisch von Sand, Ton, Kalk und organischen Material besteht.

Der enthaltene sulfidische-Kupferkies ist an Eisen und Schwefel gebunden und enthält ca. 2-3% Kupfer



Im Bild: Mansfelder Kupferschiefer mit Erzlineal **Chalkopyrit** (Kupferkies)

Aus diesen Unterschieden, oxidisches und sulfidisches Kupfererz, ergibt sich der unterschiedliche Aufwand zur Kupfergewinnung aus dem Erz. **Über die Ursache und Notwendigkeit der Aufbereitung von Erzen:**

Ein Gestein wird zum Erz, wenn die in ihm enthaltenen Minerale wirtschaftlich nutzbar gemacht werden können.

Das Erz ist ein Gemisch verschiedener Minerale / Bestandteile, mit unterschiedlichen Eigenschaften.

Abgebaut wurde das metallführende Flöz, eine Ablagerungsschicht, von der die untersten fünf Lagen die metallreichsten Schichten sind. Es kam also darauf an, den gewünschten Anteil Kupfer zu trennen und das erfolgt mit der Aufbereitung. (Vergleich: Wie bekommt man Rosinen aus einem Kuchen? Oder wie gewinne ich den Inhalt eines Eiswürfel?)

Die **Aufbereitung** begann **damit, in Handarbeit die tauben und kupferarmen Kupferschieferlagen von den schmelzwürdigen Lagen zu trennen. Die Zugehörigkeit zu den einzelnen Lagen setzte Erfahrung voraus.**

Im Anschluss folgte das Rösten, die Verbrennung des **Schwefel und organische Bestandteile.** Dazu wurden die schmelzwürdigen Schiefer ähnlich wie bei der Herstellung von Holzkohle, auf einem **Brennplatz** auf große Haufen geschichtet, mit Holz abgedeckt und in Brand gesteckt. Dieses **Brennen** der Schiefer dauerte je nach Witterung mehrere Wochen und zwar solange, bis ein großer Teil des Schwefel sich aus dem Schiefer gelöst hatte und verbrannt war. Dieser zweite Arbeitsschritt erfolgte bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts u.a. auf der Helbraer Kupferrohütte August-Bebel (ehem. Koch-Hütte) und Karl-Liebknecht Hütte (ehem. Krughütte) in Wimmelburg, bis mit den neuen Schmelzöfen das Brennen entfiel. Der Schwefel wurde dann zur Gewinnung von Schwefelsäure genutzt. (Je nach Situation die Gewinnung des Silber aus dem Kupfer erklären)

Der nächste Arbeitsschritt war das kontinuierliche schmelzen großer Mengen Schiefer mit Holzkohle und später mit Steinkohlenkoks, um eine kontinuierliche Schmelztemperatur von über 1250°C zu erhalten, um das enthaltene Metall Kupfer, von den nichtmetallischen Bestandteilen wie der Schlacke sowie von Eisen (Fe) zu trennen. Damit die Schmelze flüssiger wurde und sich die Bestandteile leichter voneinander trennen, wurde dem Schmelzvorgang das Mineral Flußspat und ab 1920 Kalkstein (Dachklotz) zugeführt.

Das dabei gewonnene Kupfer, wurde als Kupfer-Rohstein bezeichnet und besaß einen Kupfergehalt von 40 bis 45%. Das Schmelzgut Koks, Schiefer und das Flussmittel Flußspat (Fluorit), bezeichnete man als Möller

Die Trennung der genannten Bestandteile erfolgt durch ihr **eigenes Gewicht** in einem dem Schmelzofen **vorgelagerten Vorherd.** In diesem Vorherd sank das **schwere Eisen** auf den Boden, es folgte der **Kupfer- Rohstein** und **zuletzt** die leichte **Schlacke.** Die Schlacke wurde u.a. zur Herstellung von Pflastersteinen genutzt oder sie kam auf Halde. Auf Halde Helbra befinden sich ca. 30 Mio. Tonnen Schlacke und auf der Halde in Wimmelburg, ca. 20 Mio. Tonnen Schlacke. Dieser Kupfer-Rohstein verfügte aber noch nicht über die notwendige Reinheit und wurde deshalb in die Feinhütten nach Hettstedt, zur weiteren Verarbeitung zu verkaufsfähigen Kupfer mit der Mansfelder Bergwerksbahn befördert.

Bei der weiteren Verarbeitung des Kupfer-Rohstein, wurden aus diesem noch rund 20 weitere Stoffe wirtschaftlich nutzbar gemacht, darunter Silber, Gold, Rhenium, Schwefelsäure, u.v.a.

Wichtiger Hinweis: *Dieser Vortrag bezieht sich nur bis zur Arbeit der Aufbereitung der Kupferschiefer zu einem Kupfer-Rohstein auf der Kupferrohütte in Helbra und Eisleben/Wimmelburg*

Dieser Kupfer-Rohstein wurde in die Feinhütten nach Hettstedt transportiert und hier erfolgten weitere Arbeitsschritte zur Gewinnung der im Kupfer-Rohstein enthaltenen Wertkomponenten. Das Verständnis für diese Arbeitsprozesse setzt eine gewisse Vorbildung ab der 8. Klasse voraus und wird daher nicht behandelt.

Anhang



Cyriakus Spangenberg (1528-1604) wurde in Nordhausen als Sohn des späteren ersten General-superintendenten der Grafschaft Mansfeld, Johann Spangenberg, geboren. Er studierte in Wittenberg Philosophie und Theologie und wurde ein begeisterter Luther-Anhänger. 1547 erhielt er eine Lehrer-Stelle an der „Fürnehmen Lateinschule“ in Eisleben.

1550 wurde er Prediger an der Eisleber Andreaskirche, 1553 Stadt- und Schlossprediger in Mansfeld sowie später Generaldekan. 1572 erschien in Eisleben Spangenbergs Mansfelder Chronik, die bis heute die grundlegende Quelle zur Geschichte der Grafschaft Mansfeld ist. Darüber hinaus gilt sie als Markstein für viele historische Disziplinen. 1575 musste Spangenberg nach theologischen Streitigkeiten aus der Grafschaft fliehen und ließ sich später in Straßburg nieder.

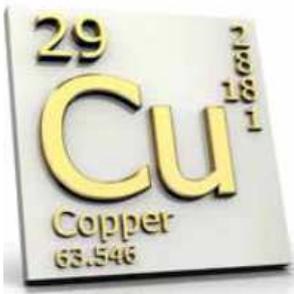
Das sollte uns bewusst sein:

Ohne das Wissen und Können

der Mansfelder Berg- und Hüttenleute,

*wäre der technologische Fortschritt Deutschlands,
anders verlaufen.*

Denn ohne Kupfer



Wissenswertes rund um Kupfer (vgl. Deutsches Kupferinstitut)

1. Die Römer gaben Kupfer seinen Namen. Sie nannten es „aes cyprium“ (Erz aus Zypern), da in der Antike das meiste Kupfer auf Zypern gewonnen wurde. Das Wort wurde später in „cuprum“ abgewandelt, woraus sich auch die heutige Bezeichnung „Kupfer“ ableitet. Die Engländer sagen zu Kupfer „copper“ und die Spanier „cobre“. Element Kupfer: „Cu“ Ordnungszahl 29, Relative Atommasse: 63,546, Schmelzpunkt: 1083°C, Siedepunkt: 2595°C Auch im Zeitalter der Informationstechnologie und immer komplexer werdender technischer und industrieller Prozesse spielt eines der ältesten Metalle der Menschheit eine bedeutende und zukunftsorientierte Rolle. Nicht umsonst, oft auch als wichtigstes Metall bezeichnet, ist Kupfer in fast allen Gebieten des menschlichen Lebens zu Hause. Ohne Kupfer kein Strom, keine Kommunikation, keine technischen Innovationen. Millionen Meter von Kupferrohren oder Kabeln sorgen tagtäglich für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser oder Elektrizität, hundert Tausende Quadratmeter Kupfer bedecken weltweit Dächer und verkleiden Fassaden. Aufgrund seiner vielfältigen Eigenschaften ist Kupfer einer der nützlichsten Werkstoffe, der sich zudem noch durch das Legieren mit anderen Metallen immer weiter optimieren lässt.

2. Metalle treten im Mineralbereich überwiegend als chemische Verbindungen mit Sauerstoff (Oxide) oder mit Schwefel (Sulfide) auf; nur ganz selten sind sie in gediegener Form zu finden. Zu diesen Ausnahmen zählt - neben den Edelmetallen Gold und Silber - auch Kupfer. Man findet Kupfer mit seinem chemischen Zeichen Cu im periodischen System der Elemente in der ersten Nebengruppe zusammen mit Silber und Gold. Denn mit beiden Metallen hat Kupfer Ähnlichkeit: Kupfer und Gold sind die beiden einzigen farbigen metallischen Elemente, Kupfer und Silber sind die beiden besten Leiter für Wärme und Elektrizität.

An feuchter Luft bildet sich auf der Kupferoberfläche allmählich eine grünliche Patina, die im wesentlichen aus Malachit besteht. Die Patina schützt das darunter liegende Kupfer vor weiterer Korrosion, daher ist Kupferblech für die Abdeckung von Türmen und Dächern gut geeignet. Nach dem Dachdecken zeigt das Dach zunächst die hellrote Kupferfarbe. Nach einiger Zeit wechselt die Farbe in ein dunkles Rot, das durch Kupfer(I)-oxid verursacht wird. Später wird das Dach noch dunkler, und es entsteht schwarzes Kupfer(II)-oxid. Aber erst nach einigen Jahren bildet sich unter Einwirkung von Kohlenstoffdioxid, Luft und Wasser die blaugüne Patina: $2\text{Cu} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

3. Aus Kupfer und Kupferlegierungen bestehende Werkzeuge erzeugen keine Funken und werden daher in gefährlichen und explosionsgefährdeten Bereichen verwendet, in denen Funken Materialien, Chemikalien oder Gase entzünden könnten. Diese funkenfreien, aus Kupferlegierungen bestehenden Werkzeuge sind zudem nicht magnetisch und korrosionsbeständig.

4. Die verschiedenen Farben, die von Feuerwerkskörpern erzeugt werden, ergeben sich aus ihren Bestandteilen und Kupfer ist für alle blauen Farben verantwortlich. Durch die Vermischung von Chemikalien und verschiedenen, in kleinste Partikel zermahlene Metalle können alle möglichen Farben für ein Feuerwerk erzeugt werden. Wenn die Feuerwerkskörper entzündet werden, beginnen die Metallpartikel zu oxidieren. Dadurch wird die Hitze erzeugt, die nötig ist, um die Metallpartikel zum Abgeben von Licht/Farbe anzuregen.

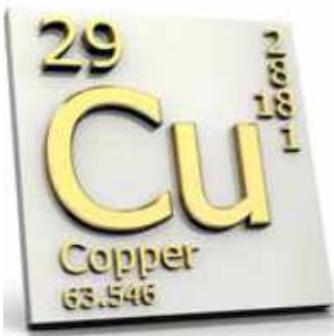
5. Reines Gold ist so weich, dass man es mit den bloßen Händen verformen kann. Aus diesem Grund enthalten die meisten Goldschmucklegierungen eine Mischung aus Gold, Silber und Kupfer. In Europa war es bis zum 19. Jahrhundert sogar verboten, Gold mit anderen Metallen außer mit Silber und Kupfer zu legieren. Selbst in 24-karätigem Gold ist etwas Kupfer enthalten!

6. Im 18. Jahrhundert erfand der Uhrenmacher John Harrison Schiffschronometer und Uhren, die berühmt wurden, weil sie eine genaue Bestimmung des Längengrades ermöglichten. Diese Innovationen wären ohne die ausgiebige Verwendung von zwei Kupferlegierungen, nämlich Messing und Zinnbronze, nicht möglich gewesen.

7. Zu Beginn des frühen 16. Jahrhunderts zeichneten europäische Künstler häufig auf Tafeln aus Kupfer. Zu diesen Künstlern zählen einige der berühmtesten Maler aller Zeiten: Leonardo da Vinci, Jan Brueghel, B. Greco und Rembrandt Sie fanden, dass Kupfer eine glatte, widerstandsfähige Oberfläche bietet, auf der sich die Farbe sehr gut hält und fantastische Effekte möglich sind.

8. Um seine natürlichen Eigenschaften zu verstärken, wird reines Kupfer mit anderen Metallen wie Zink, Zinn, Nickel, Aluminium, Gold, Silber und Mangan vermischt Kupferlegierungen, die schon seit dem Anbeginn der Zivilisation verwendet werden, kommen auch heutzutage häufig in modernen Anwendungen zum Einsatz. Zwei der am besten bekanntesten Legierungen sind Bronze (eine Mischung aus Kupfer und Zinn) und Messing (eine Mischung aus Kupfer und Zink).

9. Die meisten Leiterplatten für elektronische Produkte werden hergestellt, indem eine flexible Folie mit einem Kupferblech kaschiert wird. Anschließend wird ein Großteil des Kupfers abgeätzt, um dünne Linien aus festem Kupfer zu erzeugen, die den Strom leiten. Bei einer neuen Methode wird die Tintenstrahltechnologie verwendet, um nur die dünnen Kupferlinien auf den Stromkreis aufzutragen, wodurch der Abfall reduziert und die Herstellung, der Stromkreise kostengünstiger wird



10. Kupfer wurde einst verwendet, um den Dinar herzustellen und kommt auch heute bei der Herstellung des Euro zum Einsatz. Die Euro –Münzen bestehen aus Kupferlegierungen wie zum Beispiel dem nordischen Gold, das speziell für die neue Währung entwickelt wurde. Im Laufe der Zeit hat Kupfer die Metalle Gold und Silber als das am häufigsten verwendete Münzmaterial abgelöst

11. Archäologen zufolge wurden Kupferrohre erstmals im alten Ägypten, ungefähr im Jahr 2750 v. Chr., für den Transport von Wasser verwendet. In den Staatlichen Museen zu Berlin ist ein Teil dieser Rohre zu sehen. Die ausgestellten Stücke stammen aus dem Tempel in der Nähe der Pyramide von Sahure in Abusir. Die Tatsache, dass die Kupferrohre immer noch vorhanden

und in einem gewissen Maße funktionsfähig sind, und das trotz der starken Verfallserscheinungen des Tempels, spricht für die Widerstandsfähigkeit von Kupfer als Verrohrungsmaterial.

12. Von den Marmeladentöpfen unserer Großmütter bis hin zu den Kasserollen der Michelin-Sterneköche in den besten Restaurants - die Qualität von Kochgeschirr aus Kupfer ist unerreicht. Warum? Weil Kupfer die beste Wärmeleitfähigkeit aller zum Kochen verwendeten Materialien aufweist und somit eine beständige, gleichbleibende Temperatur garantiert und gleichzeitig die Wärmeträg-heit begrenzt.

13. In jedem Hochgeschwindigkeitszug kommen ungefähr 20 Tonnen an kupferhaltigen Komponenten zum Einsatz, vor allem in den Spannungswandlern und Antriebsmotoren. Durch die Stromabnehmer der Hochgeschwindigkeitszüge wirken große Kräfte auf die Oberleitungen, die für die Strom -versorgung zuständig sind. Spezielle Kupferlegierungen wurden entwickelt, um den erforderlichen Kontakt bei den immer höher werdenden Zuggeschwindigkeiten aufrechtzuerhalten.

14. An Trinkwassersystemen durchgeführte Studien haben bestätigt, dass die Verwendung von Kupferrohren eine Verringerung des Biofilms (eine Schicht aus Mikroorganismen, die sich im Inneren von Wasserrohren bildet) bewirkt und der Bildung und dem Wachstum von Bakterien, wie zum Beispiel Legionellen, entgegenwirkt.

15. Ein durchschnittlicher Mittelklassewagen enthält bis zu 22,5 kg Kupfer. Ohne Kupfer wären elektrische und elektronische Komponenten im Auto und somit ein intelligentes Motor- und Getriebemanagement sowie umfangreiche Sensorik- und Infotainment-Systeme nicht realisierbar. Durch ihre stetig steigende Komplexität sind effiziente elektrische Systeme in modernen Wagen auf immer mehr elektrische Energie angewiesen - und somit auch auf mehr Kupfer.

16. Der Koloss von Rhodos, eines der sieben Weltwunder, wurde im dritten Jahrhundert vor Christus aus Bronze gefertigt, das aus erbeutetem Kriegsgerät gewonnen wurde. Der Koloss wurde in etwa 50 Jahre später von einem Erdbeben zerstört. .

17. Jedes Jahr schlagen Blitze in unzählige Gebäude überall auf der Welt ein. Kupfer wird schon seit langem da/u verwendetem Gebäude mithilfe von Blitzableitern zu schützen. Alles, was dafür benötigt wird, ist eine Erdung aus Kupfer.

18. Schätzungen zufolge befinden sich mindestens 80 Prozent des jemals abgebauten Kupfers noch immer in Verwendung oder im Umlauf. Da es immer wieder der Wiederverwertung zugeführt wurde, wird es somit selbst noch für die modernsten Anwendungen verwendet Dass Kupfer immer wieder ohne Qualitätsverlust verwendet werden kann, stellt einen wichtigen Vorteil in punkto Nachteilig-keit dar. Heute werden etwa 40 % der europäischen Kupfernachfrage durch Recyclingmaterial gedeckt.

19. Neben Eisen und Zink gehört auch Kupfer zu den drei Spurenelementen, die für unser Wohlbefinden am wichtigsten sind. Kupfer ist für die Gesundheit des Körpers lebensnotwendig - von der fetalen Entwicklung bis ins hohe Alter. Wir brauchen Kupfer für die Blut-gefäßneubildung, ein gesundes Herz und zur Stabilisierung des Kollagens, auch Bindegewebe genannt, das die einzelnen Teile des Körpers miteinander verbindet. Kupfer wird darüber hinaus für die Entwicklung des Gehirns und die effektive Kommunikation zwi-schen den Nervenzellen im Gehirn sowie für gesunde Knochen und Zähne benötigt

20. Durch seine hervorragende Leitfähigkeit ist Kupfer ideal für Anwendungen im Bereich der Medizin geeignet. Ein Kupferüberzug auf dem Skalpel eines Chirurgen leitet die Elektrizität, um die Klinge zu erhitzen, wodurch diese eine kauterisierende Eigenschaft erhält. Dies ist vor allem zur Blutstillung bei Operationen und für die Entfernung von beschädigten Gewebe wichtig.

21. Für eine ausgeglichene Ernährung zur Vermeidung eines Kupfermangels wird eine tägliche Einnahme von ca. 1 mg Kupfer empfohlen. Einige Nahrungsmittel, zu denen die meisten Nüsse, Samen, Kichererbsen, Leber und Austern gehören, weisen einen besonders hohen Anteil an Kupfer auf.



Die **erzführende Zone** im bergmännischen Aufschluss im Bernard—Koenen-Schacht I (Niederröblingen) 8.Sohle. In grauschwarzen Farben ist das **Kupferschieferflöz** die metallführende Zone deutlich zu erkennen. Das Liegende bildet hier das Zechstein-Konglomerat, im Hangenden steht der massive Zechsteinkalk (Dachklotz) an.

Der Kupferschiefer, wie er im Mansfelder und Sangerhäuser Bergbaugesamt bergmännisch gewonnen wurde, ist ein feinkörnig mergeliges (Ton und Kalk) von Bitumen schwarzgefärbtes Sedimentgestein von einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 35 bis 40 cm. Nach altem Brauch wird der Kupferschiefer in **fünf Lagen** eingeteilt, die **vom Liegenden**

(von Unten) **zum Hangenden** (nach Oben) mit:

		Schichtstärke mm
1.Feine Leite - Cu%	2,57	ca. 20
2.Grobe Lette	2,90	ca. 60
3.Kammschale	1,79	ca.30
4.Schieferkopf	0,69	ca.110
5.Schwarze Berge	0,23	ca.150
6.Dachklotz		

7. Fäule - bezeichnet werden.

Fäule? Beim schlagen des Schiefer, macht sich ein faulender Geruch bemerkbar

Die Erzminerale im Kupferschiefer sind

u.a. Bleiglanz (Galenit),
Zinkblende (Spahlerit),
Kupferglanz (Chalkosin),
Buntkupferkies (Bornit)
Kupferkies (Chalkopyrit), (Chalko = Kupfererz)
Schwefelkies (Pyrit),
Rotnickelkies (Nickelin), Silber

Erfahrung vorausgesetzt, sind die einzelnen Lagen des Kupferschiefers sehr gut in den Schächten und sonstigen Aufschlüssen zu erkennen.

Die Trennung der einzelnen Lagen erfolgt zwischen Feiner und Grober Lette durch die sogenannte Hickennaht, einer Anreicherung von regentropfenartigen Erdpechkugeln (**Bitumen**) (sogenannte Hicken), die häufig an dieser Grenze auftreten und dadurch die Unterscheidung ermöglichen.

- Zwischen Grober Lette und Kammschale liegt die untere feine oder untere Kammschalennaht, eine fast schnurgerade Schichtgrenze, die des öfteren stark vererzt ist und dadurch besonders deutlich ist.

- Zwischen Kammschale und Schieferkopf liegt die grobe oder obere Kammschalennaht, die ähnlich wie die untere ausgebildet ist, jedoch bei Vererzungen und auch überhaupt durch ihre größere Mächtigkeit erkenntlich ist.

- Die Grenze zwischen dem Schieferkopf und den Schwarzen Bergen erfolgt auf Grund eines geringeren Farbunterschiedes und der verschiedenen Härte und Spaltbarkeit.

Die schwarzen Berge sind von dem hangenden Zechsteinkalk einwandfrei durch Farbwechsel von schwarz in grau zu unterscheiden.

Die Kenntnis der Lageneinteilung und Kupferführung ist eine unbedingte Notwendigkeit bei der Durchführung der Kontroll - und Gewinnungsart. (Vgl. G.Jankowski /Gesteinsgarten Helbra)

Die Wege der Entdeckungen des Steinkohleflözes an der Ruhr und des metallreichen Mansfelder Kupferschieferflözes

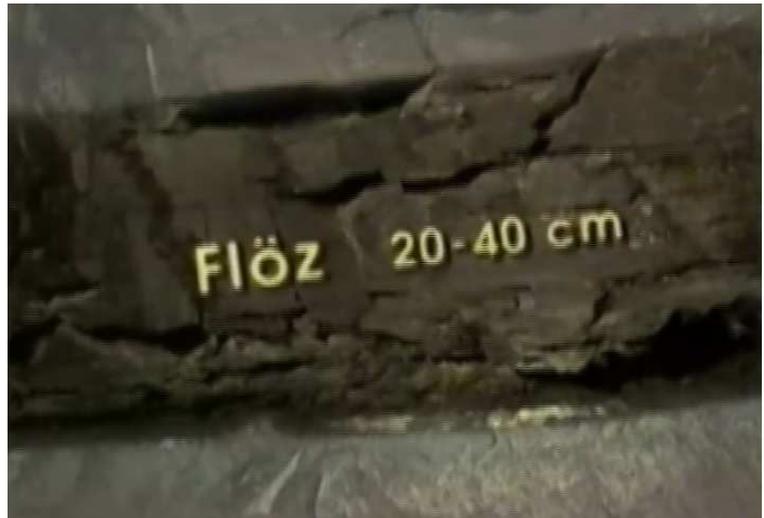


Steinkohlenflöz.

(Film vorhanden)

Im 13. Jahrhundert begann im Raum Dortmund, der Abbau des Zutage getretenen **Steinkohleflözes**.

Man grub solange, bis sich das Grundwasser bemerkbar machte und begann in der Nachbarschaft eine neue Grube zum Flöz zu graben. So entwickelte sich der Bergbau im Laufe von Jahrhunderten von der Erdoberfläche bis in die Tiefe von über 1000 Meter.



Am Ausgehenden des Kupferschieferflözes, rings um die Mansfelder Mulde wie auch in der Gegend von Wolferode, mögen die Menschen jener Zeit die verwitterten, grün und blau gefärbten Kupfererze (Malachit und Azurit) neben dem roten metallischen Kupfer (gediegen Kupfer) gefunden haben. Malachit entsteht bei der Verwitterung von Kupfererzen.

Malachit



Azurit



Man grub solange, bis sich das Grundwasser bemerkbar machte und begann in der Nachbarschaft eine neue Grube zum Flöz zu graben. So entwickelte sich ebenfalls der Mansfelder Bergbau im Laufe von Jahrhunderten von der Erdoberfläche bis in die Tiefe von über 1000 Meter.

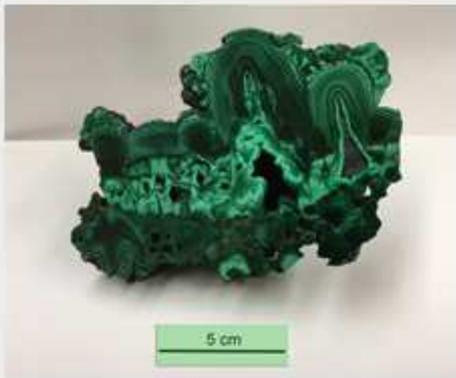


Gediegenes Kupfer

Das metallreiche Flöz muss sich also Oberflächennah befunden haben und der Verwitterung ausgesetzt gewesen sein, damit sich die farbigen Kupferminerale Malachit und Azurit bilden konnten, die dann die Aufmerksamkeit der Menschen erzeugte.

Nachdem an der Erdoberfläche keine Kupferminerale mehr zu finden waren, grub man sich im Laufe von Jahrhunderten bis in 1000 Meter Tiefe.

Wissenswertes über Malachit



Polierter Malachit aus Kamenushinskoe,
Sibirien
Quelle: BGR

Malachit ist einer der beliebtesten Schmucksteine und mit ungefähr 8000 bekannten Fundstellen vergleichsweise häufig. Mineralogisch lässt er sich als Kupfer-Hydroxo-Karbonat beschreiben und entsteht durch die Verwitterung von Kupfererzen (meist Sulfide). Malachitkristalle sind äußerst selten. Meist bildet er Überzüge bzw. Schichten aus. Scheiden sich mehrere Schichten leicht variierender Zusammensetzung ab, dann entstehen die typischen radialen Strukturen, die bei den Schmucksteinliebhabern so begehrt sind. Diese konzentrischen Strukturen werden durch das Schneiden und Polieren noch hervorgehoben. Viele Stufen, die angeboten werden, haben daher eine matte, unbearbeitete Seite und eine geschliffene, die die innere Schönheit der Malachitlagen deutlicher zeigt.

Malachit poliert
(Quelle: Privat
G.Tröge



Malachit wird aber auch verwendet, um diverse Kunstfiguren und Schmucksteine herzustellen. Man kann Malachitschnitzereien von Tieren, Pflanzen und Göttern aber auch Ketten, Schachspiele, Untersetzer und Schatullen finden. Beeindruckend sind die vergleichsweise großen Gegenstände wie Säulen, Tische, Waschbecken und Badewannen aus Malachit. Diese werden entweder aus einem Stück gefertigt oder aus Stücken, die ähnlich hergestellt werden wie Konstruktionsholz, bei dem mehrere kleinere oder dünnere Holzteile miteinander verleimt werden. Die Beliebtheit des Malachits lässt sich anhand von Grabbeigaben 9000 Jahre zurückverfolgen. Im alten Ägypten verwendete man Malachit als Pigment und sogar als Schminke.

Malachit war früher das wichtigste Kupfererz, da es im Gegensatz zu den Sulfiden direkt, also ohne Rösten, verhüttet werden kann. Die wichtigsten Lagerstätten lagen gegen 1700 im Ural (Russland). Diese Lagerstätten sind allerdings weitgehend erschöpft. Heute findet man viel Material aus dem Kongo und aus Arizona. Malachitvorkommen sind allerdings weltweit verbreitet und auch in Deutschland gibt es einige Fundstellen (z.B. Siegerland, Schwarzwald, Eifel), die jedoch - verglichen mit den großen Lagerstätten - nur kleine Schaustücke liefern, so wie die alten russischen Lagerstätten heute.

In der noch im Betrieb befindlichen sibirischen Kupfersulfidlagerstätte Kamenushinskoe wurden auch immer wieder mal ansehnliche Malachitstufen geborgen, allerdings eher sporadisch. Die Situation für die Sammler ändert sich durch den fortschreitenden Bergbau aber immer wieder. Im Jahr 2014 wurde durch eine neue Auffahrung eine Malachitvererzung freigelegt, deren Material nun auf den internationalen Börsen Beachtung findet. Dies liegt insbesondere an der tiefgrünen Farbe und den gut aufgelösten Bändern des Malachits. 2019 konnte die BGR ein repräsentatives Stück dieser Lagerstätte erwerben, welches nun direkt „Sammlungsobjekt des Quartals“ geworden ist.

Details über den Fundort lassen sich in der Zeitschrift Mineral Observer, mineralogical almanach (2016), Vol. 21, Issue 1, pp. 4 – 13 nachlesen.

Übrigens: Die BGR unterhält [Sammlungen in Berlin und Hannover](#), hier in Zusammenarbeit mit dem [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie \(LBEG\)](#). Sie gehören zu den großen geowissenschaftlichen Sammlungen in Deutschland.

Zum [Katalog](#) der Sammlungsobjekte

Kontakt

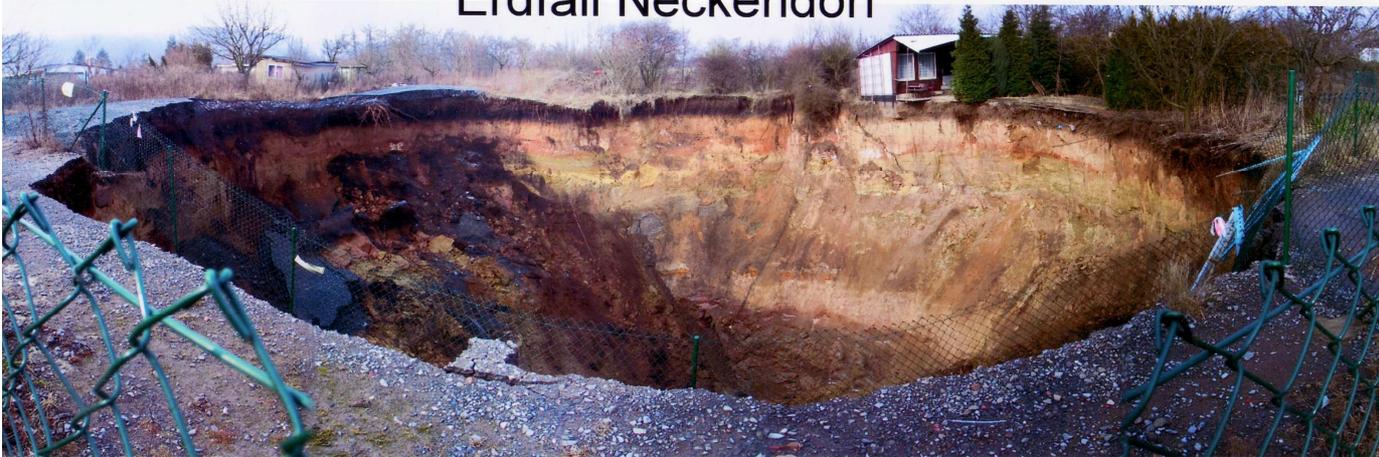
Dr. Stephan Kaufhold
Tel.: +49-(0)511-643-2765
Fax: +49-(0)511-643-3664
E-Mail: Stephan.Kaufhold@bgr.de
Homepage: www.bgr.bund.de/kaufhold

Malachit
kristallisiert
(Quelle: Privat
G.Tröge





Erdfall Neckendorf



C LAGB, Nachbruch des Erdfalls am 18.10.2001 im Bereich der ehem. B180, Bereich der Kleingartenanlage Neckendorf

Versuch einer Erklärung wie das Kupferschieferflöz und seine Verwitterungsprodukte einst unseren Vorfahren sichtbar geworden ist:

Die Ursache für diesen Erdfall sind die vorhandenen starken Schichten von Steinsalz und Anhydrit. Eindringendes Wasser laugt im Verlaufe langer Zeiträume diese Schichten aus und es kommt zu Erd-senkungen. Dieses Wasser war auch einst der Grund dafür, das in Wimmelburg die Otto- Schächte geschlossen wurden.

Ein Beispiel über Wassermengen unter unseren Füßen:

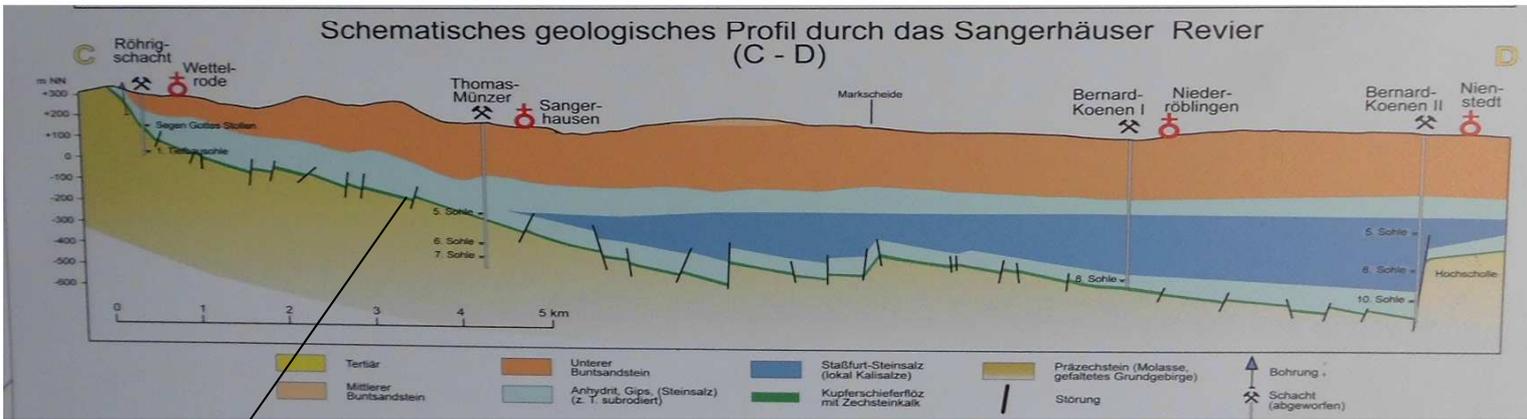
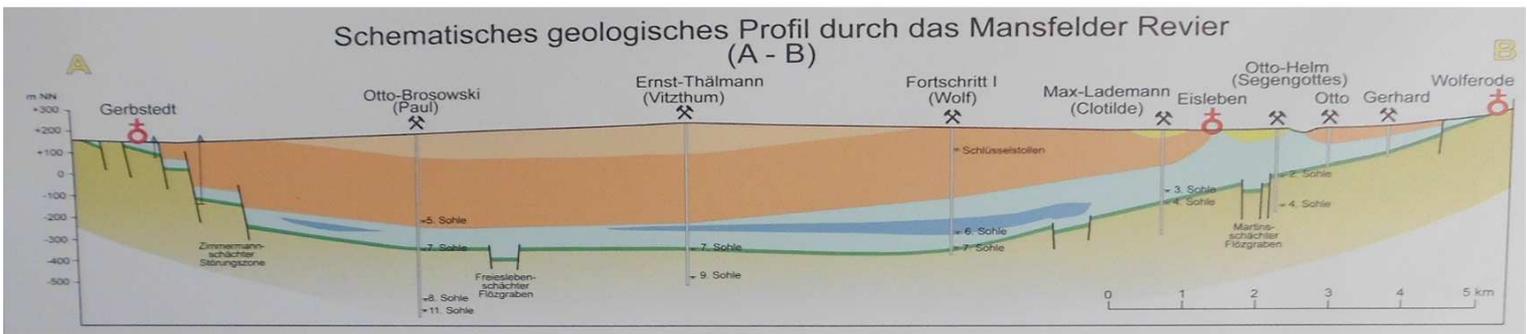
Zwischen Eisleben und Friedeburg gibt es den Schlüsselstollen mit einer Länge von ca. 31 Km. Dieser Stollen leitet das unterirdische Wasser in Friedeburg in die Schlenze und von dort in die Saale. Pro Minute fließen ca. 20 bis 25 Kubikmeter Salzwasser in die Saale. Würde dieser Stollen zerfallen, käme es zu einer Katastrophe.

Mit etwas Fantasie stelle man sich die im obigen Bild zu sehende Straße mit der Markierung des Mittelstreifen, als die Sedimentschicht bzw. Ablagerungsschicht des Kupferschieferflözes vor. Das einstige horizontale Flöz kippte oder brach am Rand der entstandenen Mulde ab.

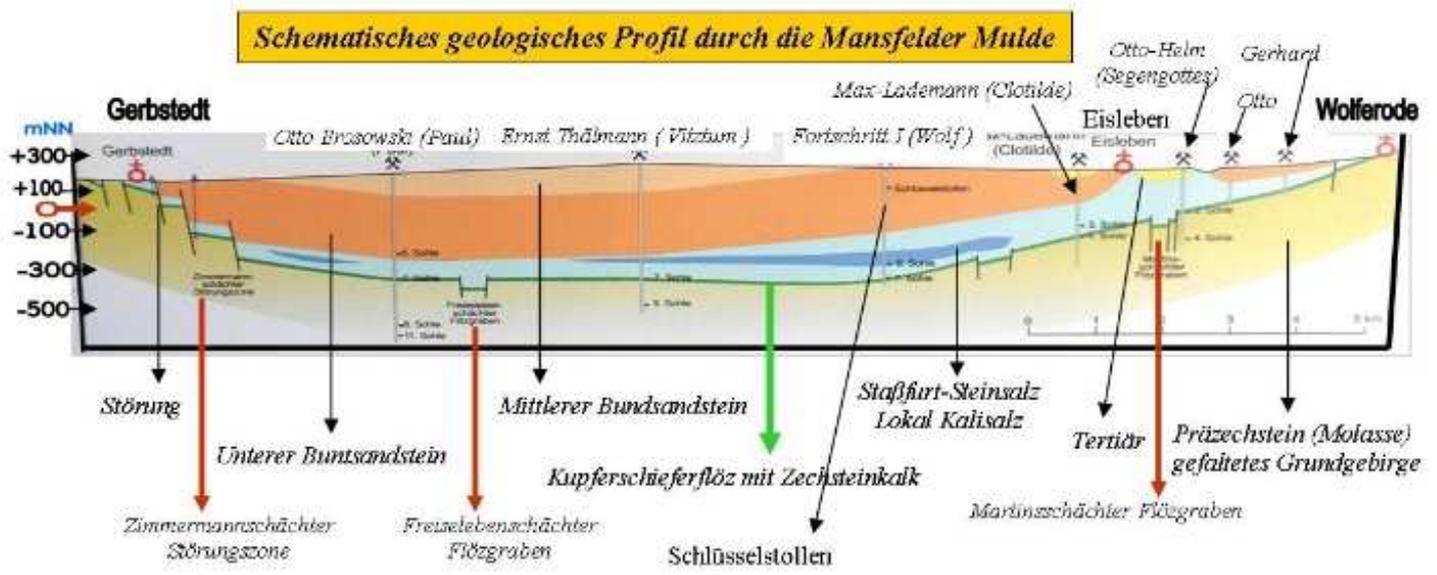
Die entstandenen Bruchstellen führten wahrscheinlich dazu, das die metallhaltigen sulfidischen Flözschichten an der Erdoberfläche verwitterten und sich das oxidische mineralische Kupferkarbonat Malachit mit seinem grünlichen Farbton bildete und damit die Aufmerksamkeit wie auch die Neugierde der Menschen weckte.



Es ist daher nicht verwunderlich, das die Anfänge des Mansfelder Kupferschieferbergbau an den Muldenrändern begann und sich allmählich in die Tiefe bis 1000 Meter entwickelte und 1990 endete. Das oxydische Kupfermineral Malachit konnte man zur Kupfergewinnung mit einem geringen Aufwand nutzen. Das aber war mit den sulfidischen Metallen des Flözes, nicht möglich. Der erforderliche Wissensstand zur Kupfergewinnung aus sulfidischen Kupfererzen, kam erst mit den erfahrenen Bergleuten Nappian und Neucke ins Mansfelder Land.



— = Zeichen für die Verwerfungen, der Störungen (**Rücken**) der Gesteinsschichten, in denen reiche Kupfererze angetroffen wurden. (Ursachen der Verwerfungen / Störungen erläutern)

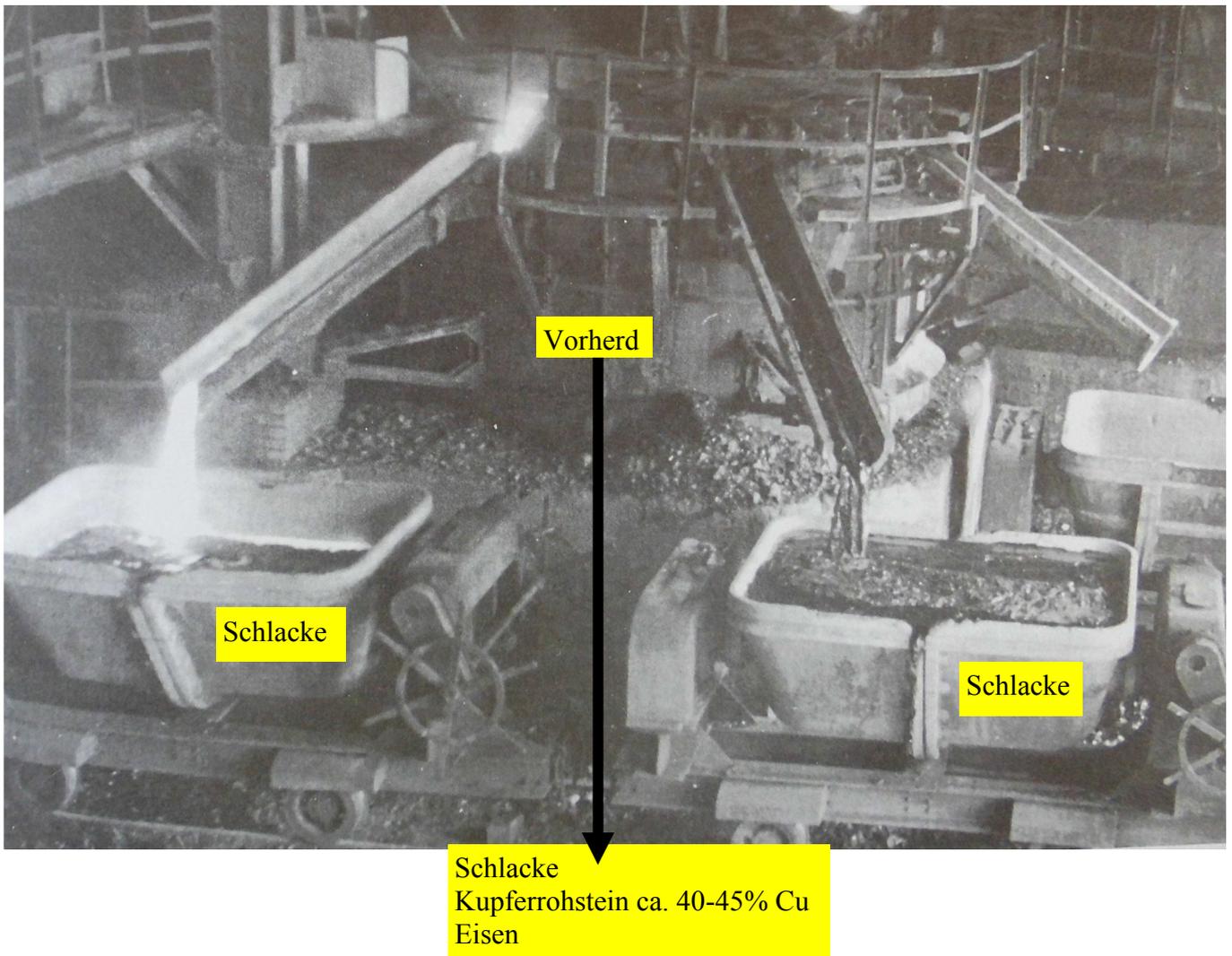


Geologische Schichtenfolge von unten nach oben:

- Muschelkalk
- Anhydrit,
- Kalkstein,
- Kupferschiefer,
- Sandstein /Konglomerat,
- Sandstein / Schiefer,
- Porphyrkonglomerat,
- Sandstein,

Hinweis: Im Mansfelder Land werden nicht alle Gesteine der Erdkruste angetroffen, deshalb wird im Gesteinsgarten des Mansfelder Landes, dem Lapidarium in Helbra, auf die repräsentative Folge der Ausstellungs-gesteine von Silur bis Holozän verwiesen. Lapidarium, Helbra, Hauptstraße 24,

Kontakt: Günther Tröge, Tel.: 03475/6369591, Email: helbraerleben@web.de



Im Bild der Vorherd der Karl-Liebknecht Hütte, ehem. Krughütte

Im **Vorherd** befindet sich das geschmolzene Kupfererz mit einer Temperatur von über 1250°C und hier trennt sich nach ihrem spezifischen Gewicht:

Zuerst das schwere Eisen (genannt Eisensau), es sinkt zu Boden und wird zu einem **späteren** Zeitpunkt aus dem Vorherd entfernt und weiter verarbeitet u.a. wird Molybdän daraus gewonnen.

Es folgt der Kupfer-Rohstein, der Abstich bzw. der Abfluss des Rohstein ist nicht im Bild.

Oben befindet sich die leichte **flüssige Schlacke** die abfließt und zu Pflastersteinen verarbeitet oder auf Halde gebracht wird.

Der **Kupfer—Rohstein** enthält ca. 40 bis 45% Kupfer und wird in den Feinhütten in Hettstedt weiter bis zu **reinem Kupfer** verarbeitet.

Bei einer Tonne Kupfer entstehen ca. 45 Tonnen Schlacke

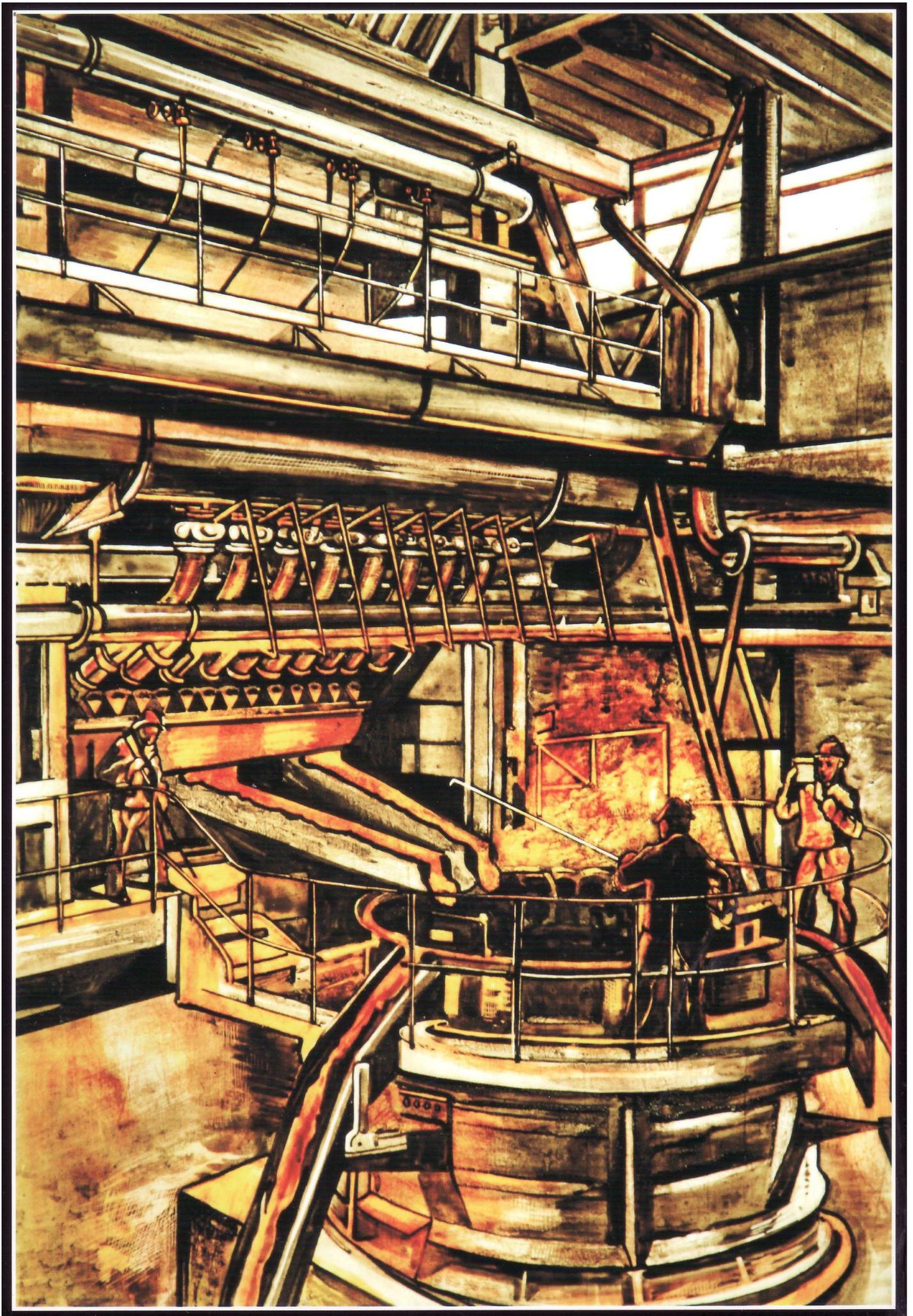
Auf der Kupfer-Rohhütte Helbra, befanden sich 10 Schmelzöfen

Es folgen die Arbeitsschritte in den Feinhütten in Hettstedt:

Bessemerie, Herstellung von Kupferanoden, Kupferelektrolyse, Anodenschlammverarbeitung.

In allen diesen Arbeitsschritten werden neben dem Kupfer noch über 20 weitere wesentliche Wertstoffe gewonnen, darunter Gold, Silber, Rhenium, Vanadin, Zink, Nickel, Blei, Schwefelsäure.

Es gibt weltweit kein Erz, welches so intensiv ausgebeutet wurde.





Im Bild: Kupferschiefer verschmolzen bei ca. 1000°C und damit unterhalb der Temperatur von 1250°C bei der dieser erst schmelzflüssig wird. Dieser Schiefer wurde **gesintert**.

Um eine totale Verflüssigung des Kupferschiefer zu erreichen bei der sich die Schlacke, das Kupfer und das Eisen trennen ist eine Temperatur oberhalb von 1250° erforderlich.

Um diese hohe Temperatur kontinuierlich mit einem hohen Windstrom bei gleichzeitiger Brennstoffzufuhr sowie Verwendung von Schmelzhilfsmitteln wie Flußspat zu gewährleisten, war die vorhandene Technik und Technologie im 12. Jahrhundert noch nicht vorhanden. Ein derartiger kräftiger Windstrom war im Dauerbetrieb mit den mittels Muskelkraft bewegten Blasebälgen der Schmiede im 12. Jahrhundert keinesfalls sicherzustellen.

Dazu bedurfte es großer Blasebälge, deren Konstruktion und Antrieb mit Wasserkraft sich um diese Zeit in den ersten Ansätzen entwickelte.

Erst ausreichende und nachhaltige Windversorgung gestattet das totale Schmelzen, wodurch, indem das Schmelzgut verflüssigt selbsttätig den Ofen verläßt, ein ständiges Zuführen neuer Beschickung ermöglicht wird, d.h. kontinuierliches Verschmelzen. Damit ist die entscheidende Voraussetzung zur Verarbeitung von Armerz, der Massendurchsatz, erfüllt, um das Zielprodukt, in diesem Falle Kupferstein, in wiederauffindbaren und sinnvoll verarbeitbaren Massen zu erhalten.

Solcher Massendurchsatz war wiederum Bedingung für die Wirtschaftlichkeit der Verarbeitung von Armerz, indem gegenüber diskontinuierlicher Arbeitsweise der Brennstoffaufgang soweit absank, daß das Verschmelzen finanziell vertretbar wurde. Diese für die Nutzung von Kupferschiefer notwendigen Voraussetzungen waren damals kein allgemeines Wissen, sondern höchst spezifisches, in seinen Einzelteilen punktuell, lokal begrenztes Können, im Komplex unbekannt dem „gemeinen Metallereuger“ oder Schmied, viel weniger noch dem Mansfelder bzw. Hettstedter Bauer oder Bürger.

In diesem Zusammenhang ist folgendes von der Kupferkammerhütte in Hettstedt bekannt:

Die Hauptantriebskraft der Hütte waren Wasserräder, die große Lederbälge in Bewegung setzten, um den zum Schmelzen notwendigen Wind zu erzeugen. Später, ungefähr im Jahre 1826, ging man zu hölzernen und dann zu eisernen Kastengebläsen über, und erst im Jahre 1858 wurde eine Dampfmaschine aufgestellt, um die Kastengebläse zu betreiben und um schmelzen zu können, wenn die Wipper wenig Wasser führte. In den 1860er Jahren erzeugte man den Gebläsewind durch Wasserschraubengebläse, die sogenannten Cagniardellen, die teils durch Wasserräder, teils durch Dampfmaschinen angetrieben wurden. Erst nach dem Jahre 1870 ging man dazu über, große Dampfgebläsemaschinen aufzustellen, die dann um 1900 durch elektrisch betriebene Gebläse abgelöst wurden.



Modell Kastengebläse, Technisches Museum Wien



Modell eines Schraubengebläses (Cargniadelle), Bergakademie Freiberg

Der Mansfelder Kupferschiefer enthielt max. 2 bis 3 % Kupfer, es war daher nur möglich um Kupfer zu gewinnen, **große Mengen** Schiefen zu schmelzen und daraus einen **Kupfer-Rohstein** mit ca. 40 bis 45 % Kupfer zu gewinnen. Dieser wichtige Vorgang wird als **Aufbereitung** bezeichnet. Der Kupfer-Rohstein, der noch immer fremde Bestandteile wie Gold und Silber enthält, ist erforderlich, um daraus **in weiteren Arbeitsgängen** und zwar im letzten, der **Kupferraffination**, mit Hilfe der **Elek-trolyse**, reines Kupfer mit 99,99 % Kupfer zu erhalten. Zu diesem Zweck erfolgte die weitere Verarbeitung in den sogenannten **Feinhütten in Hettstedt** wohin der Kupfer-Rohstein mit der **Mansfelder Bergwerksbahn** transportiert wurde.

Reines Kupfer bedeutet, das dem Kupfer keine fremden Bestandteile mehr angehören. Diese letzten fremden Bestandteile sind Gold und Silber und diese trennen sich mit Hilfe von Strom in einem speziellen Behälter vom Kupfer.

Die innere Reinheit des Kupfer ist Voraussetzung für den ungehinderten Stromfluss in elektronischen Geräten. Kupferfremde Bestandteile wirken als Strom Widerstand und sind daher nicht erwünscht.

Hinweis: 1. Dieser Prozess der Aufbereitung macht deutlich, das man Mansfelder Kupferschiefer nicht einfach wie Malachit ins Feuer legen kann und man gewinnt das Kupfer.

Diesbezügliche Mansfelder Märchen wie das Mansfelder Kupfer entdeckt wurde, ist Unsinn.

2. Heute werden Kupfererze zu einem **Konzentrat** aufbereitet, das mit dem Kupferschiefer nicht möglich war. Der Arbeitsaufwand ist zwar auch hoch, aber er reduziert am Ende die Kosten und Schlacke. Bei Mansfelder Kupfer entstand bei einer Tonne Kupfer zugleich 45 Tonnen Schlacke. Bei Kupferkonzentrat sind es ca. 0,8 % Schlacke pro Tonne Kupfer. (Aurubis)

3. Heute muss **eine Tonne** Kupfererz mindestens **2Kg** Kupfer besitzen. Daher auch die großen LKW-Lader mit einem Fassungsvermögen von bis zu 450 Tonnen, mit deren Hilfe ein ununterbrochener ganztägiger Vorgang zur Herstellung von Kupferkonzentrat möglich wird.

Kommen wir nun zu der wichtigen Frage, wie der Mansfelder Schiefer entstanden und wie er zu seinem Kupfer gekommen ist.

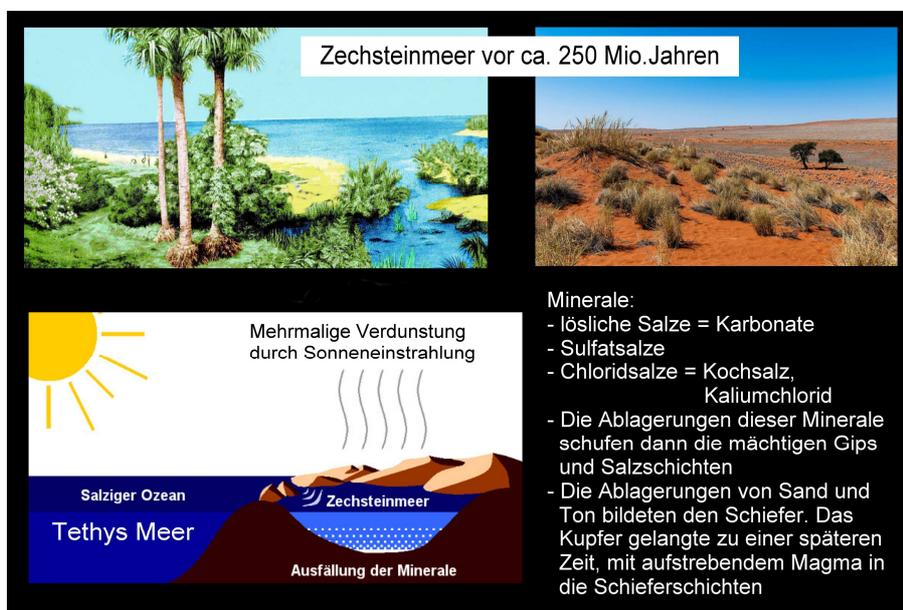
Die Geschichte des Kupferschiefers begann vor etwa 258 Millionen Jahren Im Oberen Perm.

Der Bereich Europas, in dem der Kupferschiefer heute auftritt, war zu dieser Zeit vom sogenannten Zechsteinmeer bedeckt. Nahe dem Meeresgrund führten sauerstofffreie Verhältnisse zu Sulfatreduktion, das dabei gebildete Sulfid ging Verbindungen mit den Metallen ein, die aufsteigende oxidierende hydrothermale Lösungen mit sich führten, und die Minerale bildeten sich fein verteilt im Sediment.

Kupfer, Zink, Blei, Silber, Nickel, Rhenium, Kobalt, Arsen u.w. zählen zu den angereicherten Metallen.

Der Kupferschiefer ist ein ton-und kalkhaltiger, durch organische Substanz (Bitumen) geschwärzter Schiefer-ton, der in **feiner Verteilung** verschiedene sulfidische, also schwefelhaltige Cu-Minerale sowie u.a. Silber, Eisen, Nickel, Kobalt, Gold enthält. Der Kupferschiefer ist daher kein Derberz.

Das Kupfer gab dieser Ablagerungsschicht seinen Namen.

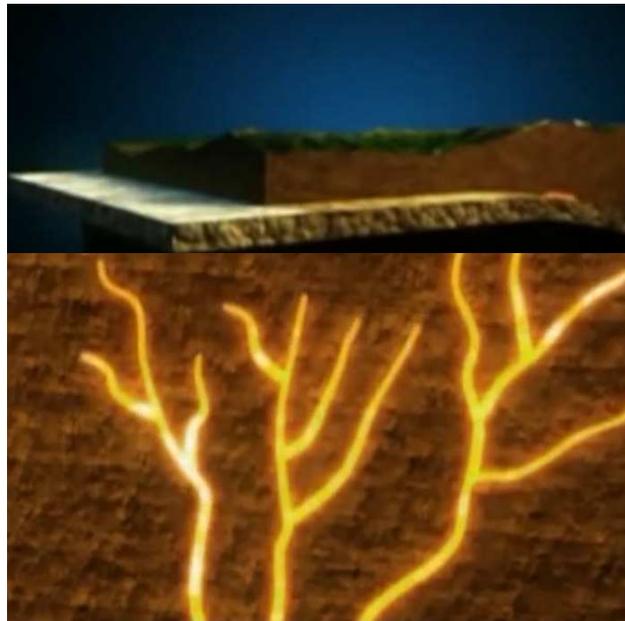


Mit dem verdampfen des salzigen Meerwasser, entstanden auch die Salz- und Gipsschichten in den Gesteinsschichten.

Wenn in langen Zeiträumen Wasser mit diesen Salz- u. Gipsschichten in Berührung kommt, lösen diese sich auf- und es kommt zu Erdsenkungen und damit auch zu Straßensperrungen.

Bilder in A3

Wie aber kam das Kupfer in den Schiefer? Untersuchungen haben ergeben, dass es **zwei Phasen** einer Vererzung gab: vor 149 Millionen Jahren und vor 53 Millionen Jahren und **nicht** vor 250 Millionen Jahren bei der Bildung des Schiefer wie man das fälschlicher Weise noch immer annimmt. Die Störungen und Risse in der Erdkruste, sind die Wanderwege für die metallreichen Flüssigkeiten und vor allem an den "Störungs Kreuzungen", finden sich die Bodenschätze die eine bergmännische Lagerstätte bilden. Diese Störungen bezeichnet der Bergmann als Rücken und genau hier wurde auch das meiste Kupfer gefunden. (Vgl. Montanhistorik- Workshop, Wettelrode, 28.9.2016) Hinweis: In dieser Zeit kommt es auch zur Bildung der Braunkohle im Mansfelder Land u.a. in Helbra. Mit der Braunkohle entsteht auch das Bitumen im Schiefer sowie seine schwarze Färbung.



Welche Werkzeuge standen den Mansfelder Bergleuten zur Verfügung?

Das Foto zeigt Mansfelder Bergleute um das Jahr 1920 mit ihren Werkzeugen: Keilhaue, Schlägel und Bergeisen vor Einführung der mit Druckluft betriebenen Abbauhämmer.



Keilhaue
Strebarbeit im Hermannschacht bei Eisleben.

Die Werkzeuge der Mansfelder Bergleute



Keilhaue (Anwendung bis um 1920)

**Diese 3 Werkzeuge:
Schlägel und Bergeisen
und
Keilhaue,
waren fast 700 Jahre
die einzigen Werkzeuge
der Mansfelder Bergleute**

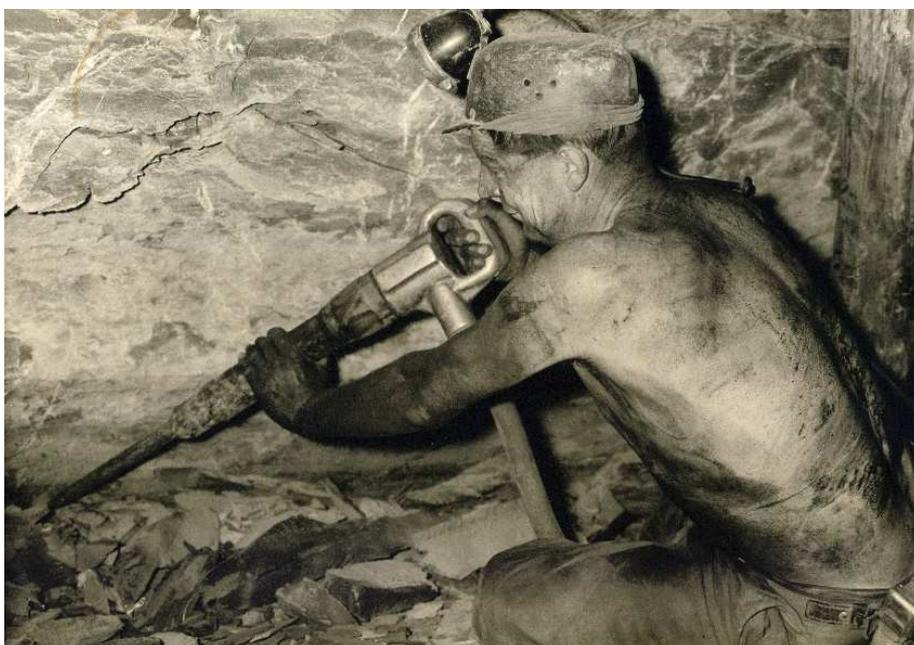
Erst mit den Eigenschaften von Kupfer und dem Erfindergeist der Menschen, wurden neue Werkzeuge entwickelt und in die Arbeit, nicht nur im Bergbau eingeführt.

Dieser mit **Druckluft** betriebene **Abbauhammer** wurde um das Jahr 1920 erstmals im Mansfelder Bergbau eingeführt und damit endete die Arbeit mit Schlägel und Bergeisen und der Keilhaue nach rund 700 Jahren.

Die körperlich schwere Arbeit wurde damit aber kaum leichter. Der Abbauhammer hat ein Gewicht von rund 12 Kg und durch die beim Abbau entstandenen Stäube, entstand die Gefahr der meist tödlich endenden Staublunge.



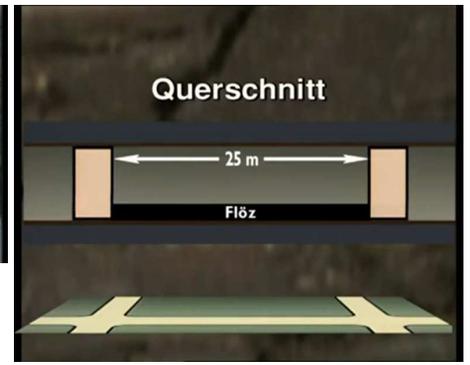
Symbol des Bergbau



Schlägel und Bergeisen



Symbol der Hüttenleute



Die letzte Stufe der Mechanisierung im Strebabbau, erfolgte mit dem **Schälsschrapper**.

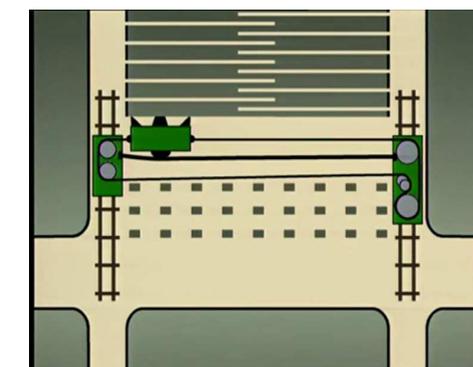
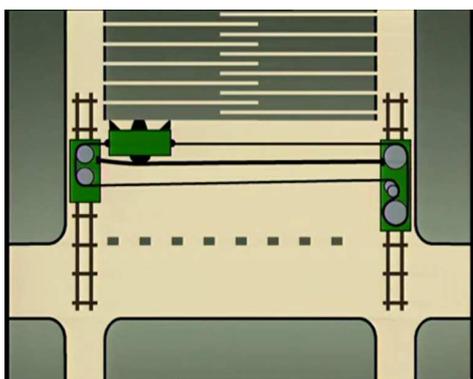
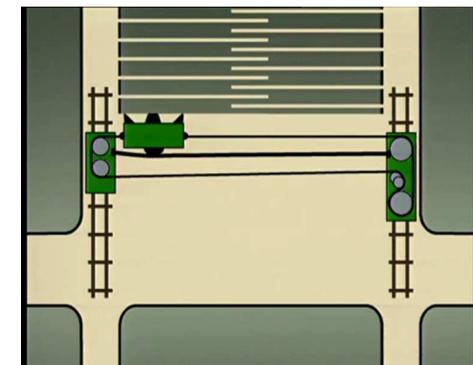
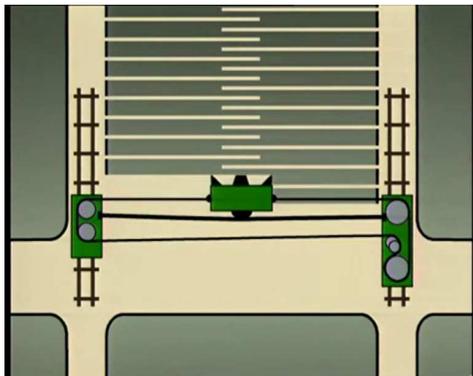
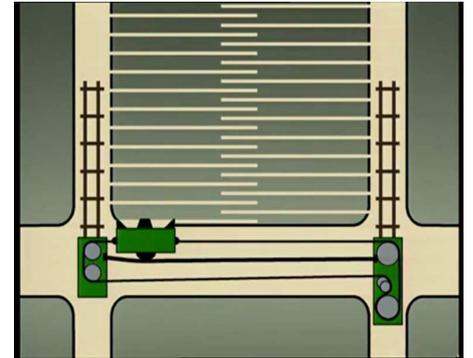
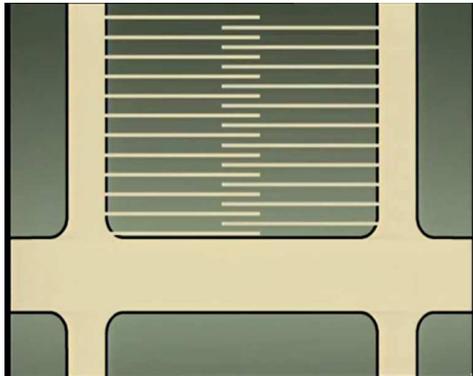
Der Schälsschrapper war in gut abgelagerten Feldesteilen mit einer Vererzung in den unteren vier Flözlagen einsetzbar.

Die Schnitthöhe des mit Hartmetallschneiden bestückten Gefäßes betrug 17-25cm.

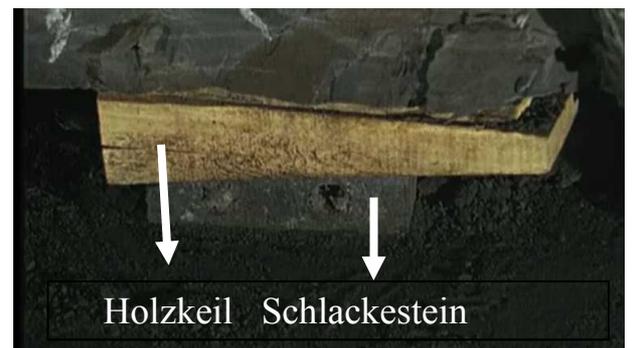
Aus den in 25 Meter Abstand aufgefahrenen Strecken wurden 13,1m lange Bohrlöcher (rund 8cm Durchmesser) im Abstand von 20-40cm eingebracht, um eine Beanspruchung des Flözes durch den Gebirgsdruck zu erreichen.

Das Schrämgefäß wurde mittels einer Kette an die Flözkante herangedrückt und das Flöz herausgeschrämt.

Zur Abstützung der Firste wurden in festgelegten Abständen, Keile mit einem Keilsetzgeräten in den geschaffenen Hohlraum gefahren und an der betreffenden Stelle miteinander verspannt.



Nach dem Abbau des Flözes, entstand ein Hohlraum. Um ein runterbrechen der oberen Lage zu verhindern, wurden Holzkeile und Schlackesteine eingesetzt



In den 1960ziger Jahren ging man verstärkt dazu über, die Mechanisierung weiter zu entwickeln und damit die Arbeitsbedingungen zu erleichtern. Die schwere körperliche Arbeit im Abbau des Kupferschiefers, wurde dann von Maschinen übernommen

1990 war der Abbau von Kupferschiefer nicht mehr wirtschaftlich und wurde daher im August 1990 auf dem Thomas Münzer Schacht in Sangerhausen eingestellt.

Im September 1990 beendete auch die Kupfer Rohhütte in Helbra, die August - Bebel-Hütte, nach 110 Jahren ihre Arbeit.

Bilanz gewonnener Rohstoffe:

In der Mansfelder Mulde und im Sangerhäuser Revier wurden insgesamt ca. 110 Millionen Tonnen Kupferschiefer gefördert und daraus

2,6 Mio. Tonnen Kupfer sowie 15.000 Tonnen Silber ausgebracht.

Außerdem: ab 1856 Nickel bis zu 300 t/Jahr

ab 1858 Schwefel als Schwefelsäure bis zu 40.000t/Jahr

ab 1864 Selen bis zu 25t/Jahr

ab 1878 Gold bis zu 30Kg/Jahr

ab 1887 Blei bis zu 4000t/Jahr

ab 1907 Zink als Oxide und Salze bis zu 5000t Zinkinhalt/Jahr

ab 1910 Molybdän bis zu 50t/Jahr

ab 1928 und 1929 Platin und Paladium

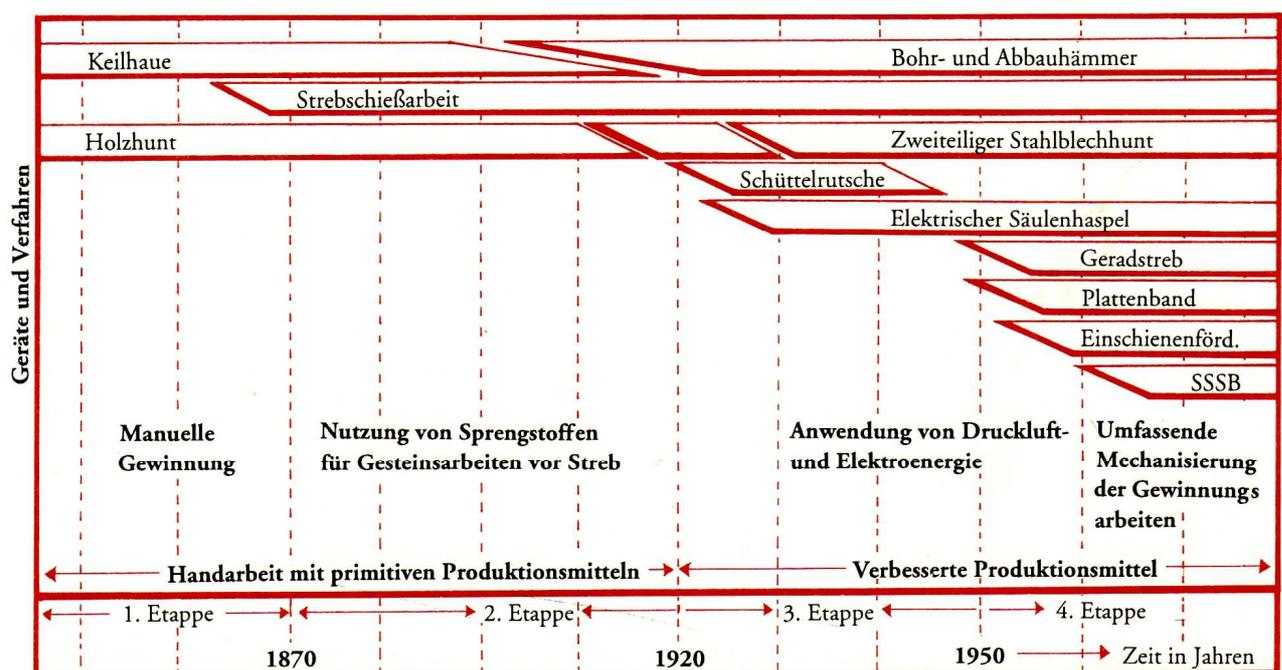
ab 1929 Rhenium

ab 1941 Vanadium als Oxid bis zu 100t/Jahr

b 1959 Germanium aus den Zwischenprodukten der Blei-Zink-Staubverarbeitung und Antimon, Arsen, Cadmium, Gallium, Kobalt, Jod und Thalium

Der Mansfelder Kupferschieferbergbau und die Verhüttung waren von ihren Anfängen bis zu ihrem Ende eine untrennbare Einheit. Der Hauptgrund hierfür dürfte die **außerordentlich feine Verwachsung der Metallsulfide mit den Gesteinsmineralien und den Bitumina sein. Dadurch wird die Erzeugung von Erzkonzentraten mit handelsfähigem Kupfergehalt verhindert.** So blieb die thermische Konzentration der Metallsulfide im Schachtofen mit Vorherd — die Trennung des Erzes in Stein und Schlacke — das über die Jahrhunderte beständige metallurgische Verfahren.

Etappen des technischen Fortschritts beim Strebbau im Kupferschieferbergbau



Übersicht einer Auswahl von Erfindungen der ind. Revolution, deren Grundstein mit der Entdeckung des Feuer, der Werkzeuge aus Stein, der Metalle wie Kupfer, Bronze und Eisen gelegt wurde und die mit ihrer Entwicklung wiederum unser heutiges Leben ermöglichen.

X= Friedrich König, geboren am 17. April 1774 in Eisleben, Lindenallee48

Antriebs- und Arbeitsmaschinen

- 1711 Dampfmaschine
- 1764 Spinnmaschine ("Spinning Jenny" von Hargreaves)
- 1765 verbesserte Dampfmaschine (James Watt)
- 1779 kombinierte Spinnmaschine („Mule“ von Crompton)
- 1785 mechanischer Webstuhl (Cartwright)
- 1785 Erste deutsche Dampfmaschine Watt'scher Bauart im Mansfelder Revier bei Hettstedt**
- 1808 mechanischer Musterwebstuhl (Jaquard)
- 1840 Nähmaschine (Madersberger)

- 1871 Bau der ersten europäischen Drahtseilbahn zum Transport des Kupferschiefer vom Martin - Schacht bei Kreisfeld zur Krughütte bei Wimmelburg. Das Seilbahnsystem wurde 1878 erweitert und bezog den Hermannschacht bei Helfta, den Wolfeschacht bei Volkstedt und den Dittrichschacht bei Unterrissdorf mit ein.**

Elektrotechnik und Nachrichtenwesen

- 1800 erste brauchbare Stromquelle (Volta)
- 1812 Rotationsdruckmaschine X (Bauer / König)**
- 1837 Schreibtelegraf (Morse)
- 1854 erste Glühlampe
- 1866 Dynamomasschine (Siemens)
- 1872 Telefon (Bell)
- 1879 industriell verwertbare Glühlampe (Edison)
- 1885 Gasglühlampe (Auer von Welsbach)
- 1895 Film (Lumière)
- 1897 Drahtlose Telegrafie (Marconi)
- 1920 Tonfilm
- 1922 Beginn regelmäßiger Rundfunk - Sendungen
- 1927 Erste Fernsehvorführungen

Transportwesen

- 1786 erste Fahrt mit Heißluftballon (Brüder Montgolfier)
- 1786 Raddampfer (Fitch)
- 1807 Raddampfer (Fulton)
- 1814 Dampflokomotive (Stephenson)
- 1817 Fahrrad
- 1825 Eisenbahnlinie Stockton-Darlington
- 1829 Schiffsschraube (Ressel)
- 1854 Erste Gebirgsbahn der Welt (Semmering, Ghega)
- 1860 Gasmotor
- 1875 Benzinvergaser (Marcus)
- 1876 Viertaktmotor (Otto, Daimler)
- 1879 Elektrolokomotive (Siemens)
- 1897 Dieselmotor (Diesel)
- 1900 Luftschiff (Zeppelin)
- 1903 Motorflug (Brüder Wright)

Schwerindustrie

- 1584 fand auf der Mittelhütte bei Eisleben das erste Steinkohlenkoksschmelzen von Kupferschiefer statt. Da Holzkohle billiger als Steinkohle war, wurde das Verfahren beendet.**
- 1709 Koksgewinnung aus Steinkohle (Darby)
- 1770 erste Eisenschienen
- 1779 erste Eisenbrücke
- 1784 „Puddelverfahren“ (billigere Eisengewinnung)
- 1855 Bessemer-Verfahren zur Stahlerzeugung

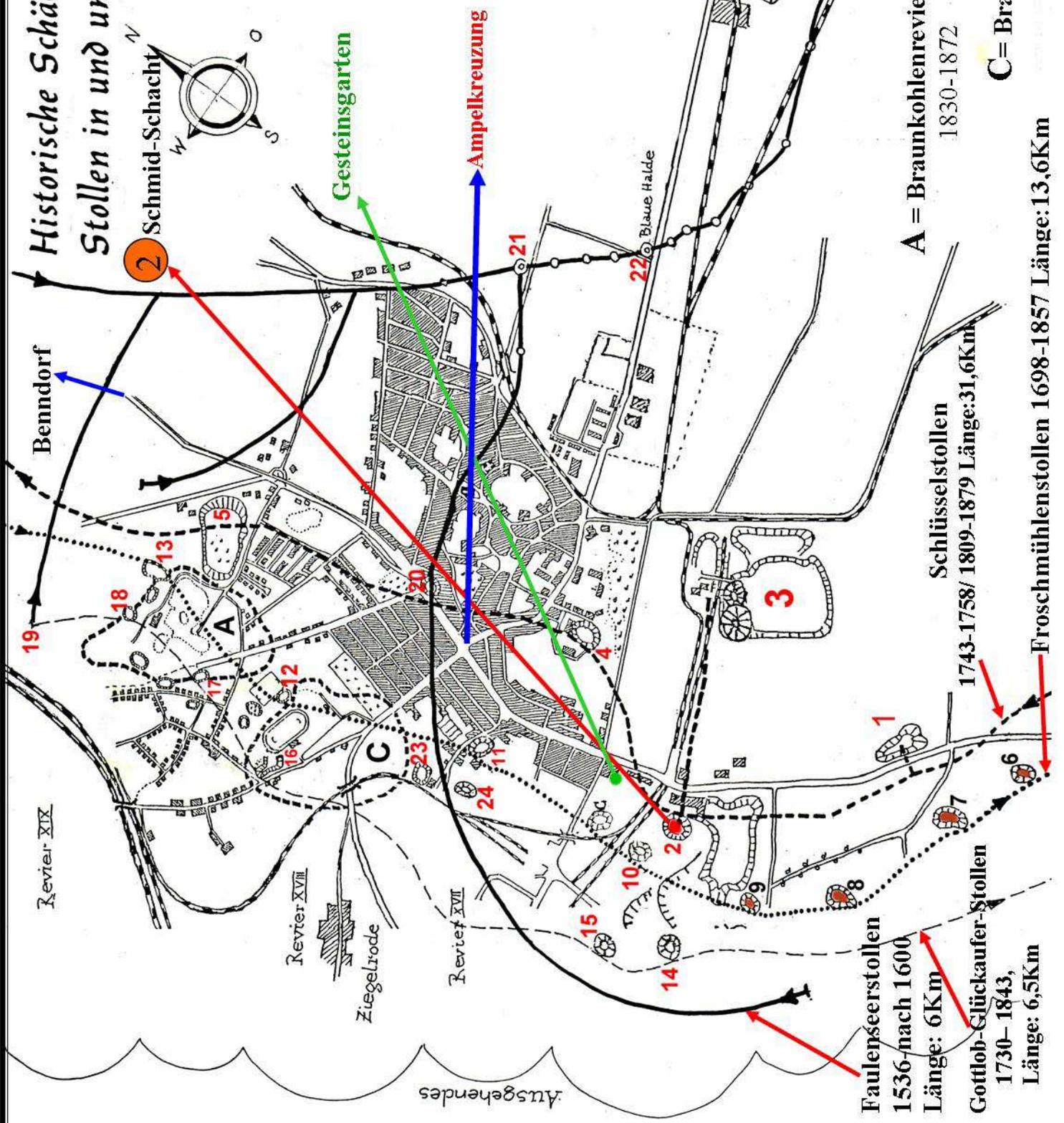
Chemie / Physik

- 1780 Produktion billiger Seife
- 1838 Fotografie,
- 1841 Kunstdünger
- 1866 Dynamit (Nobel),
- 1898 Radium (Curie)
- 1900 Quantentheorie (Planck)
- 1903 Radioaktivität (Rutherford)
- 1905 Relativitätstheorie (Einstein)

In den 800 Jahren des Mansfelder Kupferschieferbergbau, wurden 2,6 Mio. t Kupfer produziert. Über 50 chem. Elemente im Kupferschiefer entdeckt und davon 23 wirtschaftlich verwertet.

Historische Schächte und Stollen in und um Helbra

- 1 Sander-Schacht (1845-1894)
- 2 Schmid-Schacht (1844-1860)
- 3 Ernst-Schächte I-IV (1864-1966)
- 4 Bolze-Schacht (1849-1876)
- 5 Hövel-Schacht (1861-1900)
- 6 Lichtloch 70 (1806-1821)
- 7 Lichtloch 71 (1813-1835)
- 8 Klunger Schacht, LL 72 (1822-1849)
- 9 Lichtloch 73 (1828-1844)
- 10 Bückling-Schacht (1829-1851)
- 11 Otilae-Schacht, LL 75 (1842-1862)
- 12 Eckardt-Schacht (1834-1884)
- 13 Lichtloch 77 (1845-1860)
- 14 Böhner-Schacht (1825-1833)
- 15 Zimmermann-Schacht (1817-1821)
- 16 Koch-Schacht (1821-1834)
- 17 Hoffnung-Schacht (1826-1831)
- 18 Neues Lichtloch (1828-1830)
- 19 Alter Schacht (1843-1843)
- 20 Namenloser Schacht
- 21 Lichtloch 22
- 22 Lichtloch (Blaue Halde)
- 23 E-Schacht (1798-1830)
- 24 Mörse-Schacht
- 25 Hohental-Schacht I+II (1887-1958)



Faulenseerstollen
1536-nach 1600
Länge: 6Km

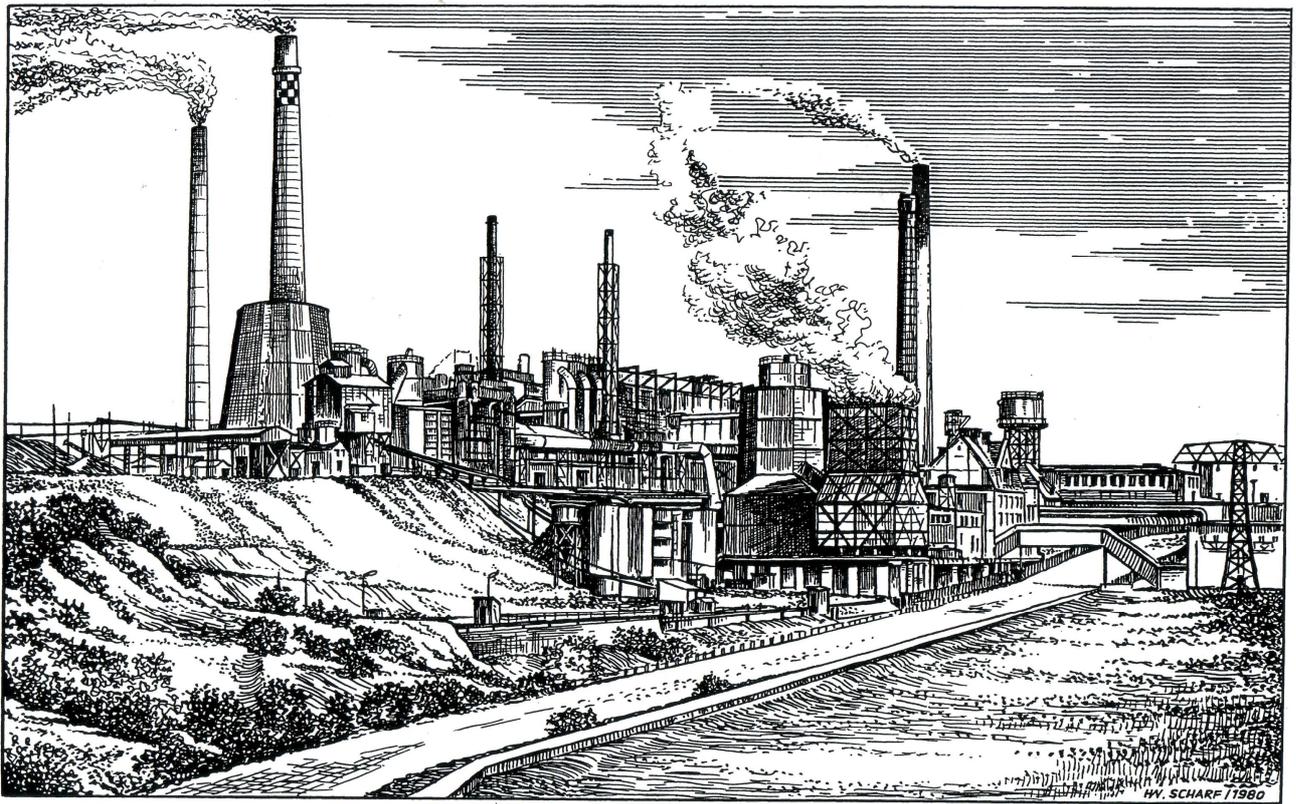
Gottlob-Glückauf-Stollen
1730-1843,
Länge: 6,5Km

Froschmühlentollen 1698-1857 Länge: 13,6Km

Schlüsselstollen
1743-1758/ 1809-1879 Länge: 31,6Km

A = Braunkohlenrevier Anna
1830-1872

C = Braunkohlenrevier Caroline
1795-1851



August Bebel-Hütte in Helbra (ehem. Koch-Hütte)

1880-1990

Wissenswertes über den Schmelzofen und den Schmid-Schacht

Schmelzofen bzw.
Wassermantelschachtofen
der Kupferrohütte Helbra

!1880-1990
Anzahl der Öfen: 10
Höhe: 18 Meter

Wassermantel,
Bestandteil der Temperatur-
regulierung beim Koks

Schmelzort

Vorherd



Schmelzofen X der Kupferrohütte A. Bebel, Helbra

Der Schmid-Schacht - Symbol des Mansfelder Bergbaus

Die Schachanlage wurde von 1844 bis 1846 abgeteuft und erreichte, nach erheblichen Problemen durch große Wasserzuflüsse, bei 184 m den Kupferschiefer. Gehoben wurde das Wasser auf das Niveau des Froschmühlenstollens mit Hilfe einer Gestängepumpe, deren Antrieb über Tage aufgestellt und mit Dampf betrieben wurde.

Für die Erzproduktion war der Schacht weniger bedeutungsvoll. Die aktive Betriebszeit des Schachtes endete bereits 1864. Bekannt wurde diese bis dahin tiefste Schachanlage des Kupferschieferbergbaus durch eine im Jahre 1851 erstmals im Mansfelder Revier an die Dampf-fördermaschine angehängte sogenannte Fahrkunst. Damit wurde der Weltstand der Personenförderung in den Mansfelder Schächten eingeführt. Die große Bedeutung des Schachtes wird weiter auch dadurch charakterisiert, dass die Pumpstation Schmid-schacht viele Jahrzehnte die Rohhütte, die umliegenden Schachanlagen und andere Abnehmer mit Wasser aus dem Froschmühlenstollen versorgte. Brauchwasser wurde bis 1992 gehoben. **Die Schachanlage wurde letztendlich 2006 aufgegeben.** Als sichtbares Zeichen steht noch das rund einhundert Jahre alte Fördergerüst, umgeben von originalen Resten dieser alten Mansfelder Schachanlage, die aus der Industriegeschichte des Kupferschieferbergbaus beachtenswertes zu erzählen hat. Möge die nach C. F. Schmid benannte Schachanlage, als technisches Denkmal uns weiter erhalten bleiben.

Heute hat hier der Förderverein Schmid-Schacht Helbra e.V. seinen Sitz



Schmid - Schacht, Helbra



Die Öfen waren ca. 1,7 m hoch, 0,4 m breit und 0,5 m tief und besaßen Vorherde.

In ihnen wurden mit Flußspatzuschlag die in offenen Haufen selbständig gebrannten Schiefen und kampagneweise der in vorn offenen Öfen geröstete Stein auf Schwarzkupfer verschmolzen.

Agricola, G.: De re metallica libri XII. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1974

Hinweis: Damit sich Schlacke und der Kupferrohstein leichter trennen, wurde bis in die 1920er Jahre das Mineral Flußspat (aus Rotleberode) der Schmelze zugeführt und danach vom Dachklotz, ein Kalkstein ersetzt.

Hinweis: Der Zeitaufwand vom Abbau der Schiefer bis zum Verkauf des Kupfer, betrug anfänglich fast 7 Monate und erforderte daher große Geldmengen. Mit der Entdeckung des Saigerprozesses (1462), dem trennen des Silber vom Kupfer mit Hilfe von Blei, entstanden die **Geldmittel** mit denen der Bergbau und die Verhüttung finanziert werden konnten.

Das Silber als Münzmetall löste das sogenannte „Berggeschrey“ aus, worauf **1483** die Eltern von Martin Luther, sich im Mansfelder Land ansiedelten. Das Silber hatte einen größeren finanziellen Wert als Kupfer und erst mit dem Erlös des Silber konnte der Bergbau finanziert werden.

Über die mittelalterliche Technik der Kupferschieferverschmelzung sind wir durch das Buch »De re metallica libri XII« (1556)¹ des Georgius Agricola unterrichtet:

»Kupferschiefer schließlich, mag er Bitumen oder Schwefel enthalten, soll geröstet werden und dann mit Steinen der zweiten Art, die leicht im Feuer schmelzen, geschmolzen werden, und es sollen Steine hergestellt werden, auf denen Schlacken obenauf schwimmen. Die Steine werden meist siebenmal geröstet und verschmolzen, und es sollen daraus Schlacken und zweierlei neue Steine erschmolzen werden. Von diesen sind die einen kupferhaltig und nehmen die unterste Stelle im Vorherd ein, und diese werden verkauft an die Besitzer der Hütten, in denen man Silber vom Kupfer trennt; die anderen pflegen mit den ersten Steinen wieder verschmolzen zu werden.«

Hinweis: Mit dem Stein ist **Kupfer-Rohstein** gemeint



"Alte Waage", Ansicht um 1874, Neubau 1877



Die Ratswaage am Marktplatz in Eisleben um 1874.

In der Ratswaage wurde das Mansfelder Kupfer gehandelt und mit Hilfe der Händler der Fugger, Welser und Fürer, **europaweit** und darüber hinaus vermarktet.

(Die Eisleber Straße „Wolferöder Weg“ wurde im Mittelalter als „Kupferweg“ bezeichnet, weil auf diesem Weg das Kupfer nach Nürnberg transportiert wurde, Händler Fugger, Welser, Fürer) Für die Klassen 4 bis 6 gibt es auch eine spezielle Stadtwanderung zum Thema Geschichte, Kupfer, Bronze und Geologie. Dauer ca. 2 Stunden, Kontakt: G.Tröge, helbraerleben@web.de

Neubau der Waage ab 1877

Die Kupfergewinnung von den Anfängen bis zur Gegenwart



Elementares Kupfer



Malachit

Malachit gehört zu der Klasse der Carbonate und ist ein Sekundärmineral, das sich bei der Verwitterung von Kupferlagerstätten in deren Oxydationszone bildet. Farbe reicht von hellgrün bis schwarzgrün. Die farbgebende Substanz ist Kupfer. Zusammensetzung = Kupfer, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. **Patina** besteht im wesentlichen aus Malachit. **Elementares Kupfer ist ohne andere Bestandteile rein, also 100% reines Kupfer.** Fundorte ist die Erdkruste.

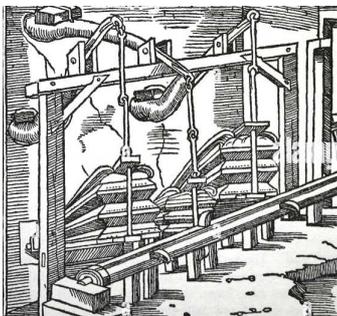


Blasebalg mit Muskelkraft

Mit Muskelkraft bei einem Blasebalg oder einem Blasrohr, konnte eine solche Windkraft erzeugt werden, das eine Temperatur um die 1000°C erreicht werden konnte, um den **oxydischen Malachit** zu schmelzen. Höhere Temperaturen sind Dauerhaft nicht mit Muskelkraft erreichbar. Mansfelder Kupferschiefer benötigt aber zum verflüssigen, eine wesentlich höhere Temperatur von **oberhalb 1250°C**. Die Muskelkraft wurde durch Wasserkraft ersetzt und das war um das Jahr 1199 erst in den Anfängen begriffen. Zugleich wurde auch als schmelzförderndes Mittel, Flussspat (Fluorit) benötigt. Vgl. Agricola



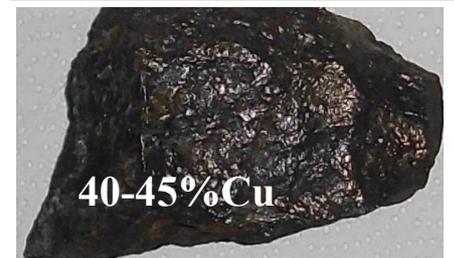
Im Bild sieht man Mansfelder Schiefer der mit einer Temperatur **unterhalb** von 1250°C **gesintert** wurde. Die Schiefer sind nur miteinander verklebt und braun verfärbt, aber eben nicht total geschmolzen. Das bedeutet, dass Mansfelder Kupferschiefer vor 1199, also vor Nappian und Neuecke nicht verarbeitet werden konnte



Blasebälge mit Wasserkraft



Kupferschiefer mit sulfidischen Kupferkies ca. 2-3 % Cu



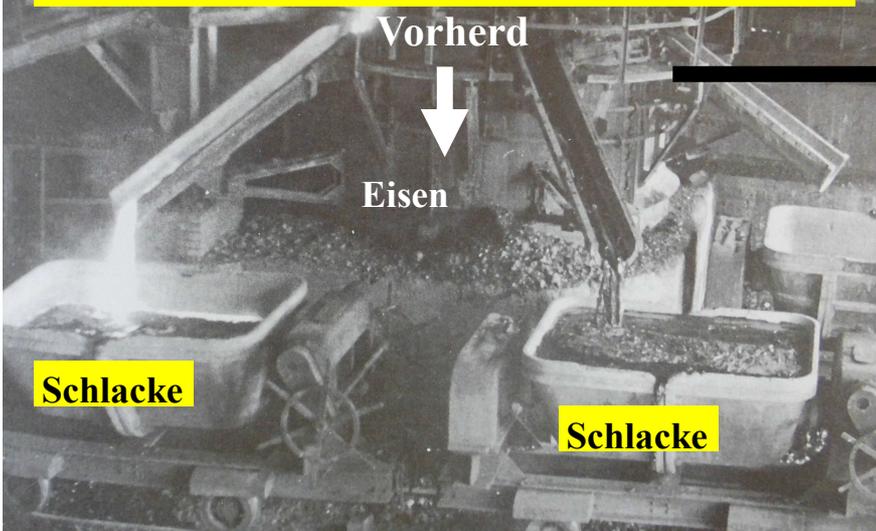
40-45% Cu

Kupferrohstein

- Bessemerie
- Elektrolyse
- **Cu 99,99%**



Aufbereitung = totale Verflüssigung von Kupfererz im Vorherd → Schlacke, Kupferrohstein, Eisen



Vorherd

Eisen

Schlacke

Schlacke

Schmelzarbeit Kupfer-Rohhütte Helbra

Welche Aufgabe hatte der Ofen primär und aus welchen wesentlichen Teilen besteht er?

- Der Möller (Erz, Koks und Zuschläge/Flussspat) bestand hauptsächlich aus dem sulfidischen Mansfelder Kupfererz mit einem Cu-Gehalt von ca. 2% und konnte nicht wie oxidische Cu-Erze durch Flotation angereichert werden. Der Ofen ist ein Schmelzofen, d.h. der Möller sollte nur geschmolzen und durch eine Trennung der Metalle von unerwünschten Bestandteilen in eine Schlacke und eine Konzentration der Metalle im Rohstein, d.h. in einer Verbindung mit Schwefel ohne zusätzliche Schwefelträgerzugabe erreicht werden. Das Cu im Rohstein wurde auf 40% angereichert.

- Der Ofen besteht:

1. aus dem Oberofen zur Aufnahme des Möllers(Erz, Koks und Zuschläge) zur Weiterleitung der Ofenabgase für die Reinigung und Weiterverarbeitung, d.h. der Energienutzung.
2. aus dem Schacht mit der Düsenebene, der Schmelzzone,
3. aus dem Unterteil, der beim Helbraer Ofentyp als Spurofen d.h. ohne Tiegel mit direktem Schlackenausfluß zugestellt wurde **und** 4. aus jeweils 2 Vorherden zur Trennung von Rohstein, Schlacke und ungewollter Fe-Sau durch Schwerkraftseparation.

Die Leistung dieses letzten Ofentyps betrug je nach dem Möller im Maximum ca.: Durchsatzleistung: 350 t/d ; d.h. mit 10 Öfen wurden mehr als 1,3 Mio t Möller geschmolzen Koksauflang: 17% vom Möller Rohstein: 12 bis 171 Rs/Ofen und d ; d.h. 130 bis 1401 Rs/d mit 10 Öfen

Was versteht man unter Brennen des Schiefererzes und warum erfolgte das?

Der Mansfelder Cu-Schiefer auf sulfidischer Basis enthält kohlenstoff- und bitumenhaltige Anteile. Das direkte Verschmelzen führte zu sinkenden Leistungen bis hin zum Einfrieren der Öfen. Der Schiefer wurde daher in Stadeln unter erheblicher Umweltbelastung bis 1928 im Freien gebrannt, besser gesagt wie bei der Holzkohleproduktion geschwelt. Ungebrannte Minerale konnten erst mit Entwicklung der Wasserkammern statt der gemauerten Schachtausführung ohne Auswirkungen auf den Ofengang eingesetzt bzw. reduziert werden.

Warum wurde eine reaktionsträge Kokssorte für die Mansfelder Rohhütte benötigt?

Die Schmelzarbeit für das Mansfelder Schiefererz erfordert einen reaktionsträgen Koks. Durch das Embargo nach dem Krieg stand dieser Koks aus der Zeche Mansfeld im Ruhrgebiet nicht mehr zur Verfügung. Importierter Koks aus Polen war reaktionsfreudig und konnte nicht oder nur bedingt bei steigenden spez. Verbrauch verwendet werden. Die reaktionsfreudigen Kokssorten reagierten bereits im Oberofen, führten zum schlechten Ofengang und standen zur Schmelzarbeit in der Düsenebene nicht mehr oder ungenügend zur Verfügung. Besser geeignet war eine reaktionsträge Kokssorte aus der CSSR die bis zum Ende der Hütte eingesetzt wurde. **Der Kupferstein wurde im Konverter in Hettstedt weiterverarbeitet**

Zur Produktion einer Tonne Kupfer ist es erforderlich:

1. 76qm untertägig im Bergbau abzubauen
2. 62Tonnen Kupfererz zu fördern, zu transportieren mit ca.15 Tonnen Koks zu verschmelzen

Es werden gewonnen: 1 Tonne Kupfer und ca. 45 Tonnen Schlacke, Schlackenhalde Helbra: 30 Mio. Schlacke, Eisleben: 20 Mio. Schlacke

Schmelzen im Kupfer Schwebeschmelzofen bei AURUBIS /Hamburg

Arbeitsweise

Das getrocknete Erzkonzentrat wird aus dem Aufnahmebunker über ein Fallrohr, **Konzentratbrenner** genannt, in den **Reaktionsschacht** eingeführt. Dem Brenner wird Sauerstoff angereicherte Luft (Wind) zugegeben. Während das Erz schwebend den Schacht hinab sinkt, oxidiert der Sauerstoff das Eisen und den Schwefel. Es gibt eine teilweise Verbrennung (Teil-Oxidation mit exothermer, Wärme abgebender Reaktion). Dadurch entsteht die Schmelzwärme,

Chemische Reaktionen

Eisen oxidiert teilweise und wird mit Sand verschlackt. In der silikatischen Schlacke lösen sich Tonerde sowie die meisten anderen Oxide und Gangartbestandteile. Etwa 1,5 % Kupfer befinden sich noch in der Schlacke. Da sie leichter ist als der kupferhaltige "Stein" schwimmt sie auf der Kupfersteinschicht. Wegen des hohen Kupfergehaltes wird die Schlacke im Elektroofen nachbehandelt. Schwefel verbrennt teilweise zu Schwefeldioxid (SO²) und wird mit dem Abgas durch den Kessel über die Nachreinigung (EGR) zur Kontakanlage geführt

Produkte

Der Kupferstein (die "Matte") besteht zu ca. 60 % aus Kupfer in Verbindungen mit Eisen und Schwefel. Der Schwebeschmelzofen wird chargenweise abgestochen (aufbrennen mit der Sauerstofflanze). Der Stein kann dann aus vier Stichlöchern (Abstichen) am Schwebeschmelz- und aus zwei am Elektroofen herausfließen und wird in mächtigen Stahlkübeln (12 m³ + 8 m³) aufgefangen. Kübelkammern führen das anfallende Schwefeldioxid (SO₂ über Absaugungen ab.

Der Kupferstein wird im Konverter weiterverarbeitet. Es folgen die Elektrolyse.

Warum Schwebeschmelzofen = Das Konzentrat ist zu Mehl gemahlen und auf Grund seines geringen Gewichtes kann man es mit einem Schweben vergleichen, wenn es in den Schmelzofen hinab sinkt.



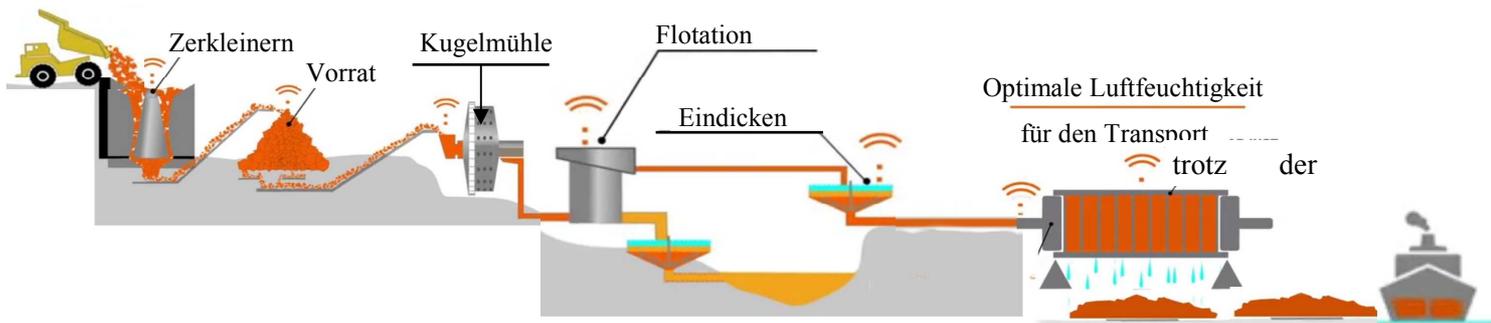
Symbol des Bergbau

Schlägel und Bergesen



Symbol der Hüttenleute

Vom Kupfererz zum Kupfer



Hinweis: Aufgrund langjähriger positiver Kontakte zum Leiter der Ausbildung bei dem europäischen Kupferverarbeiter Aurubis in Hamburg, besteht die Möglichkeit, bei Vorhandensein entsprechender Technik per Internet, Wissen der Kupferverarbeitung zu vermitteln. Besuche sind ebenfalls möglich.
 Kontakt: Günther Tröge, 03475-6369591
 Email: helbraerleben@web.de

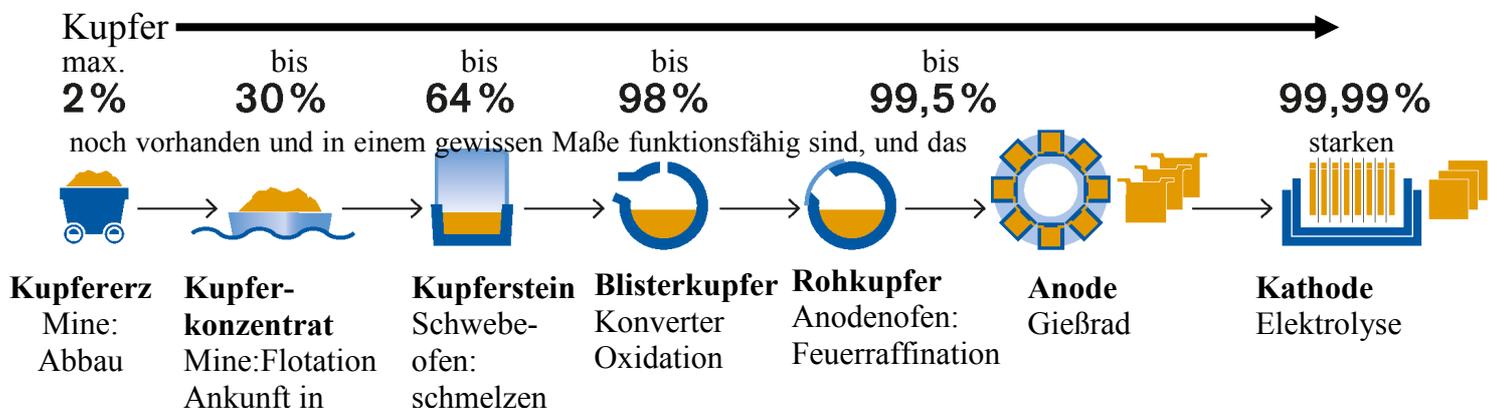
Sulfiderze (Schwefelhaltige Erze wie z.B. Kupferkies (Chalkopyrit)) durchlaufen einen fünfstufigen Prozess. Zuerst wird das Erz zu feinem Mehl zerkleinert, um die Kupferminerale zu lösen, es wird aufgeschäumt, wobei das Erzmehl mit Wasser und Chemikalien gemischt wird, um die Kupferpartikel wasserabweisend zu machen - Luft wird durch die Mischung geleitet, wodurch sich die Kupferminerale an Blasen anlagern und an die Oberfläche schwimmen.

Der kupferreiche Schaum wird dann zu einem Konzentrat eingedickt, das zu einem reineren Kupferkonzentrat namens Anodenplatten geschmolzen werden kann. Diese Platten werden durch Elektrolyse weiter veredelt.....zu Kupferkathodenplatten, die zu 99,99 % aus Kupfer bestehen - reines Kupfer.

Der Kupfergehalt des Erzes betrug nur 0,3-1,0 % Kupfer... durch die Flotation wurde ein Kupferkonzentrat mit ca. 25-35 % Kupfer angereichert.....um zu vermeiden, dass eine große Menge an Gangartmaterial (unerwünschtes Gesteinsmaterial) verarbeitet wird. Bei einer Tonne Kupfer entsteht ca. 0,8 bis 0,9% Eisen-silikat Schlacke.

Kupferkonzentrat ist also das erste gehandelte Produkt mit Wert - die Kupferbarren werden dann in Unternehmen gehandelt, die sie zu Halbzeugen verarbeiten

(Blisterkupfer / Blasenkupfer Schwarzkupfer = Zwischenprodukt der Verhüttung. Es entstehen beim Durchblasen von Luft durch kupferhaltige Erzschnmelzen Gasblasen mit noch relativ hohe Gehalte an unerwünsch-



Warum konnte der Kupferschiefer nicht zu einem Konzentrat verarbeitet werden?: Der Hauptgrund hierfür dürfte die **außerordentlich feine Verwachsung der Metallsulfide mit den Gesteinsmineralien und den Bitumina sein. Dadurch wird die Erzeugung von Erzkonzentraten mit handelsfähigem Kupfergehalt verhindert.** So blieb die thermische Konzentration der Metallsulfide im Schachtofen mit Vorherd — die Trennung des Erzes in Stein und Schlacke — das über die Jahrhunderte beständige metallurgische Verfahren.

**Entwicklung der Schmelztechnik
innerhalb von rund 10.000 Jahren**



Kupfererz Malachit wird zerkleinert und zum Schmelzen vorbereitet



Pochwerk zum zerkleinern der Erze



10.000 Jahren vor Heute

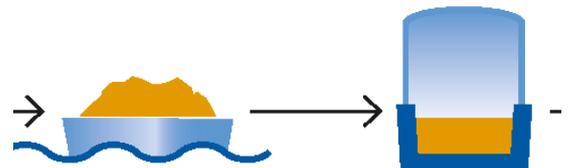
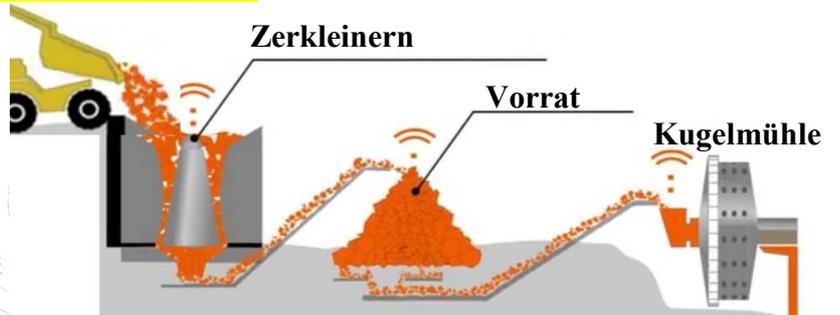
ca. 500 Jahre vor Heute



Schmelzhütte



20/21. Jahrhundert

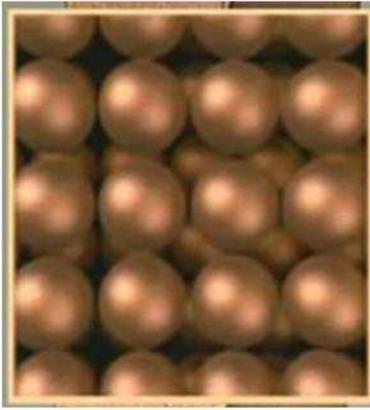


Kupferkonzentrat
Mine: Flotation,
Ankunft in Hamburg

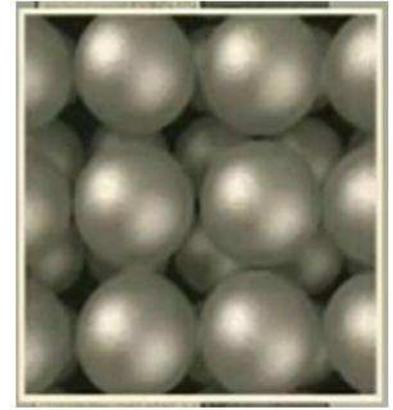
Kupferstein
Schwebeofen:
schmelzen

Schmelzofen der Kupferrohütte Helbra, 1880 bis 1990

Koks+Schiefer+Zuschläge = Möller
Kupferrohstein 40% -45%



Kupfer Atome, Cu



Zinn Atome, Sn



Die Qualität des Klanges einer Glocke, hängt von der atomaren Struktur des Metalls ab. In allen Metallen befinden sich die Atome in geordneten Reihen und Spalten.

In Kupfer können die Atome leicht gegeneinander verrutschen, das macht es relativ weich und verformbar, ungeeignet für eine Glocke. Gibt man Zinn während des Schmelzvorganges hinzu dann ändern sich die Eigenschaften des Metalls.

Die größeren Zinnatome verhindern das verrutschen der Kupferatome und dadurch wird das Metall härter. Durch einen Stoß beginnen die Atome zu vibrieren, doch das Zinn hält sie davon ab sich zu weit auseinander zu bewegen. Zinn ist eine wichtige Zutat für eine Glocke aber eben nur in einem bestimmten Verhältnis. (80% Kupfer und 20% Zinn)

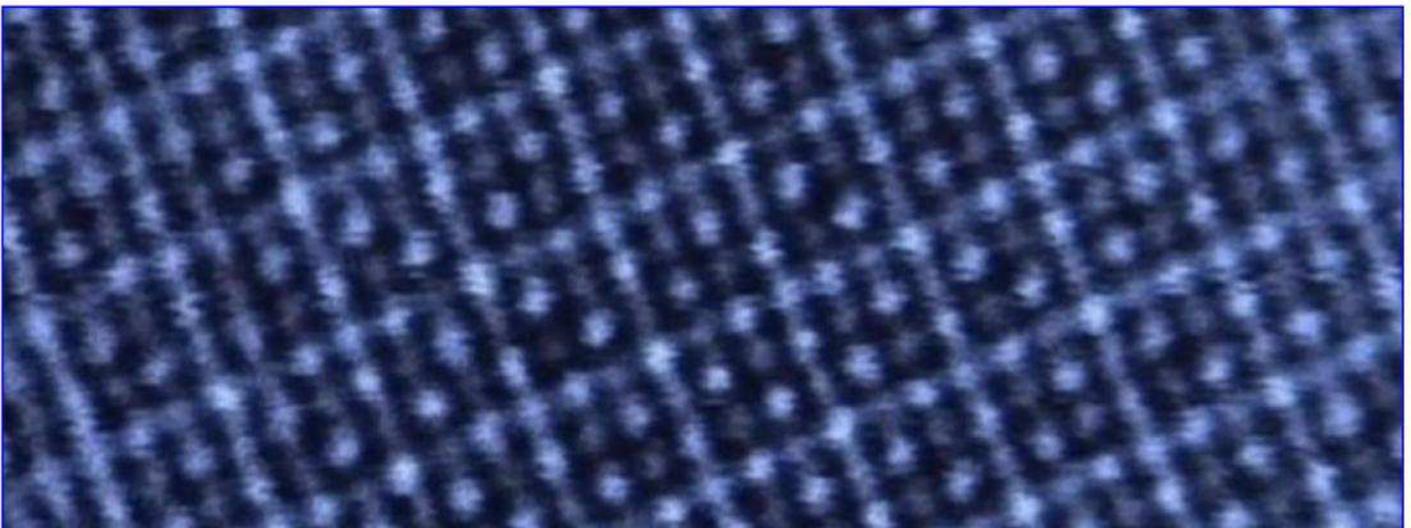
Übersicht der Zusammensetzung von Zinnbronze nach Verwendungszweck:

- als Glockenmetall: 20% Sn, 80% Cu
- für Lagerschalen, Räder: 14% Sn, 86% Cu
- für Armaturen: 10% Sn, 90% Cu
- für Drähte, Bleche, Bänder: 6% Sn, 94% Cu

Originalaufnahme der Atomstruktur einer Zinnbronze als Glockenmetall.

Die hellen Punkte sind die Zinnatome und die dunkleren die Kupferatome.

(siehe auch Video „Die Atome einer Bronze Glocke““)



Mitteldeutsche Zeitung

MZ | Eisleben

Zwischen Helfta und Erdeborn: Bergwerk aus der Steinzeit

Von Jörg Müller

03.12.13, 21:01 Uhr



Olaf Kürbis, Gebietsreferent des Landesamtes, vor einem Haufen Feuersteine. Die Grabung ist mittlerweile abgeschlossen.

Foto: Klaus Winterfeld

Eisleben/MZ - Eine spektakuläre Entdeckung haben Archäologen zwischen Helfta und Erdeborn gemacht: Bereits in der Jungsteinzeit - vor 5 000 bis 6 000 Jahren - ist hier unter Tage Feuerstein abgebaut worden. Damit ist der Bergbau im Mansfelder Land viel älter als bislang bekannt. Und nicht nur das: „Der Fund ist für ganz Mitteldeutschland eine Sensation“, sagte Olaf Kürbis, Gebietsreferent des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie, im Gespräch mit der MZ.

Auf das Feuerstein-Bergwerk ist ein Team unter Leitung der Archäologin Ines Vahlhaus bei Grabungen auf dem Baugelände des geplanten Groß-Windparks gestoßen. Wie Gebietsreferent Kürbis sagte, habe er auf Grund von Luftbildaufnahmen aus den 1990er Jahren „schon immer vermutet, dass dort Feuersteingruben gewesen sein könnten“. „Ich hätte aber nie mit einem Unter-Tage-Abbau gerechnet.“ Allerdings habe es auch drei bis vier Wochen gedauert, „bis wir das verstanden hatten“.

Denn zunächst hatten sich unter der oberen Humusschicht nur zahlreiche kreisrunde, kiesgefüllte Löcher (Durchmesser 50 bis 60 Zentimeter) gezeigt. Was es damit auf sich hat, entdeckten die Archäologen bei den weiteren Grabungen per Hand beziehungsweise mit einem Mini-Bagger.

Laut Kürbis handelt es sich um verfüllte Schachtröhren, die bis in eine Tiefe von dreieinhalb Metern reichen. Unten sei der Feuerstein so abgebaut worden, dass eine Kuppel von mehreren Metern Durchmesser entstanden sei. Diese Kuppel sei offenbar so stabil gewesen, dass sie von selbst ohne Abstützungen gehalten habe. War das Mini-Bergwerk erschöpft, habe man ein paar Meter weiter die nächste Röhre gegraben. „Wir haben allein 60 bis 80 Schächte gefunden“, so Kürbis. Vermutlich habe es auf dem Gelände einst hunderte oder tausende gegeben. „Auf Grund der geologischen Situation ist der Feuerstein hier besonders gut erreichbar.“ Woanders liege er zum Beispiel unter dicken Löß-Schichten.

Zunächst hätten die Menschen vielleicht zufällig bei der Bodenbearbeitung Feuerstein gefunden, so der Archäologe. Dass sie dann danach gegraben hätten, sei damit zu erklären, dass der tiefer gelegene Feuerstein eine bessere Qualität habe. Verarbeitet worden sei das Material offenbar nicht direkt vor Ort. „Wir wissen, dass es in der Nähe Siedlungen gegeben hat.“ Da der Bergbau freilich sehr intensiv beziehungsweise über einen längeren Zeitraum betrieben worden sei, könne man von einem „Export“ des Helfta-Erdeborner Feuersteins in andere Regionen ausgehen.



*Mansfelder
Kupferschieferbergbau
1199 - 1990*

Kupfer?



*Schmelzofen der
August-Bebel-Hütte Helbra*

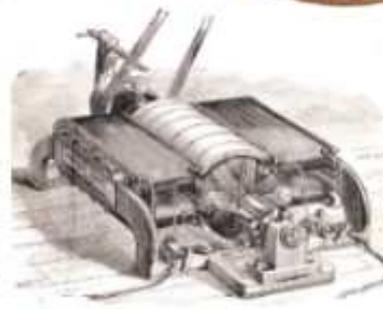


*Ohne das Wissen und Können der Mansfelder Berg- und Hüttenleute,
wäre der technologische Fortschritt Deutschlands anders verlaufen.*

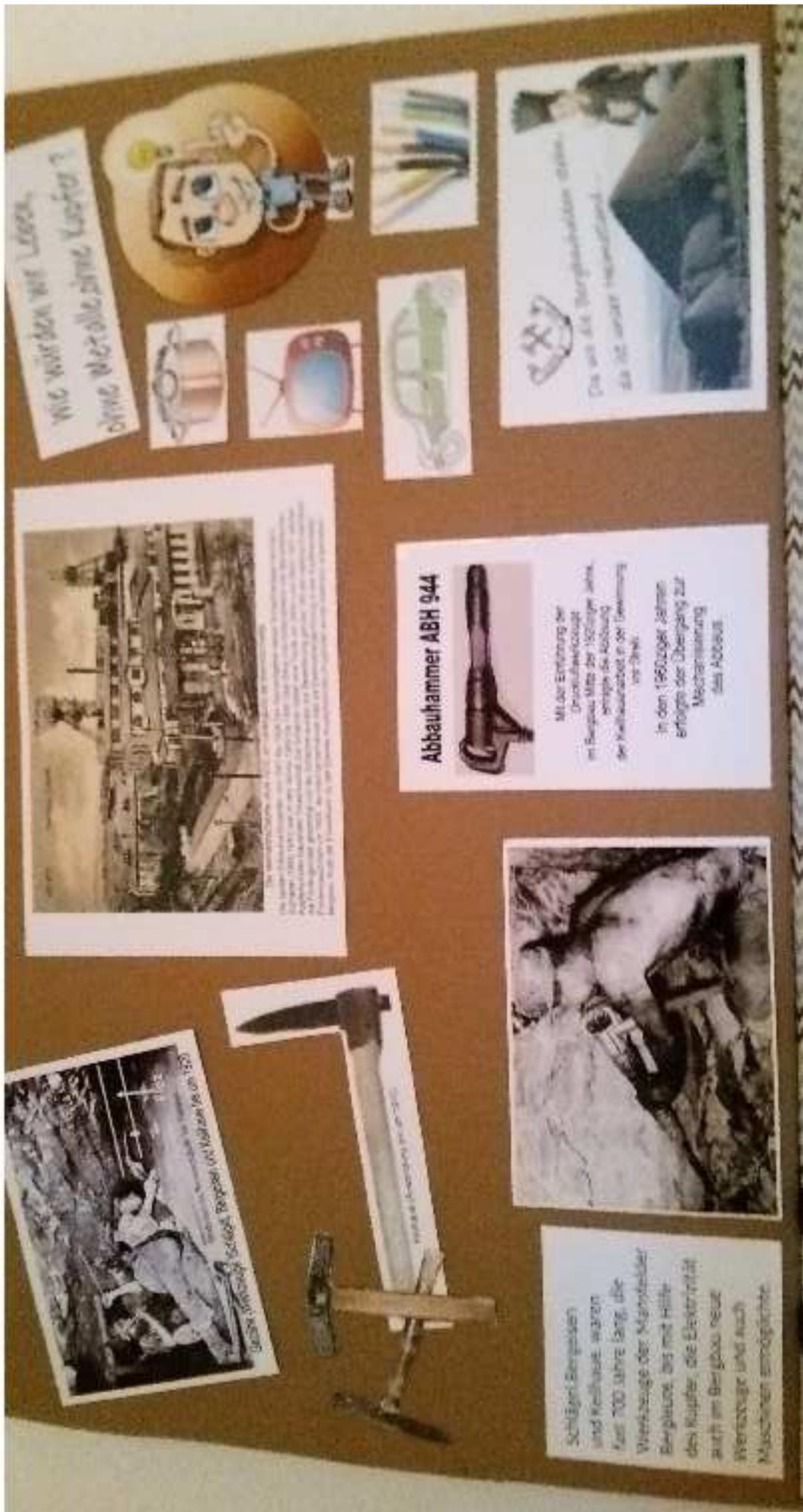
Denn ohne Kupfer



Mansfelder Kupferschiefer



Dynamomaschine Werner von Siemens



Wandzeitung einer 3. und 4. Klasse

Wie würden wir leben ohne Metalle, ohne Kupfer?



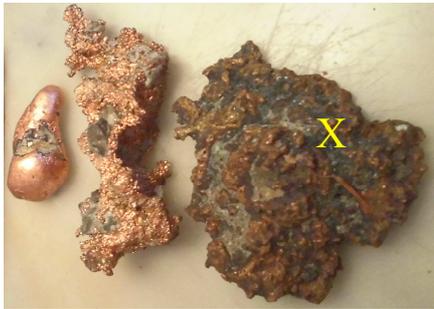
Abbauhammer ABH 944

Mit der Einführung der Druckluftbohrer in Bergbau Mitte der 1950er Jahre, ersetzte die Abbauhammer die Kettbohrer in der Gewinnung von Zink.

In den 1960er Jahren erfolgte der Übergang zur Mechanisierung des Abbaus.



Schlagen Bergsteigen und Weidbau waren fast 700 Jahre lang die Werkzeuge der Bergarbeiter. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurde auch im Bergbau noch Maschinen eingesetzt.



Über das elementare Kupfer, auch als natives und gediegen bezeichnet.

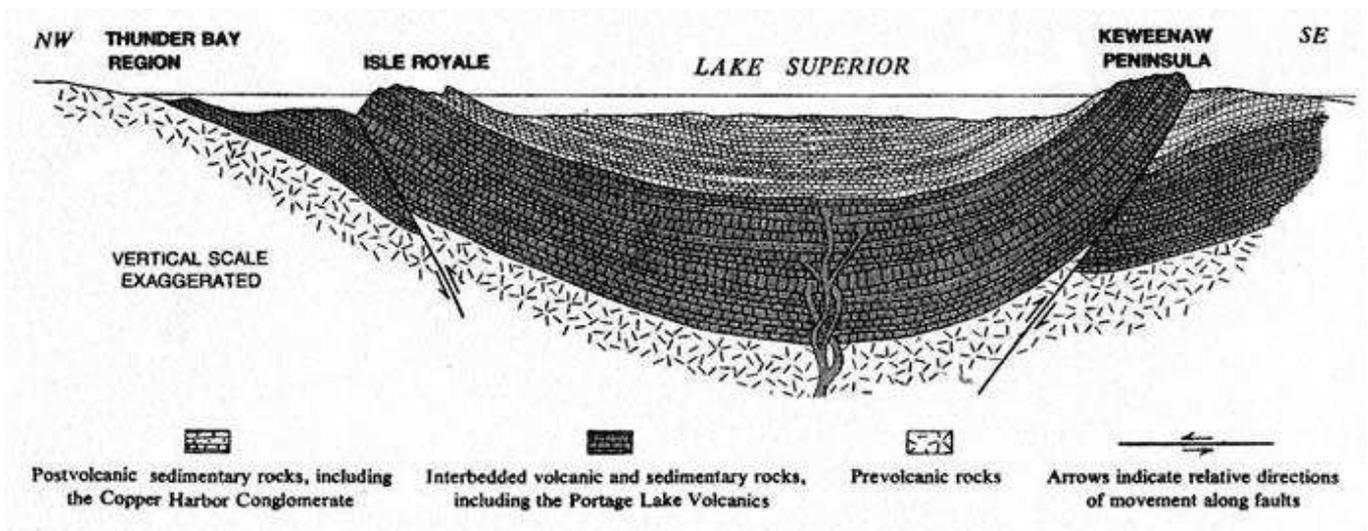
Das in der Ausstellung präsentierte zahlreiche elementare Kupfer, stammt überwiegend von der Halbinsel Keweenaw im Norden Michigan am Lake Superior., USA

Ein Exemplar (X) wurde bei einer Sammlungsauflösung in Österreich gekauft, als Fundort wird Mansfelder Land, DDR angegeben.

Die Entstehung elementaren Kupfers lässt sich anhand der Fundstelle der Halbinsel Keweenaw, sehr gut erklären bzw. verstehen.

Vor ca. 1 Milliarde Jahren entstanden hier zum Ende der Kontinentalverschiebungen in der danach folgenden Gebirgsbildungen massive Kupferanreicherungen, die dann mit den ältesten und größten Lavaströmen der Erde an die Oberfläche kamen. Es ist die weltweit einzige Stelle, in der 97 Prozent reines Kupfer in der Lava entdeckt wurde.

Bereits vor 7.000 Jahren begannen die amerikanischen Ureinwohner, am Südufer des Lake Superior Kupfer zu sammeln und zu verwerten. Keweenaw und die 50 Km entfernte Insel Isle Royale sind die einzigen Stellen in den USA, wo prähistorischer Abbau von Kupfer durch die Ureinwohner nachgewiesen ist. Gegenstände, die diese Indianer herstellten, wurden bis ins heutige Alabama gehandelt. Seit 1967 gibt es keinen Kupfer Abbau mehr. Mehr Informationen im Internet unter Keweenaw



- Unser Weg in die Gegenwart -

Die Nutzung des Feuers ist die Voraussetzung zur Gewinnung und Verarbeitung der Metalle
Mehr erfahren im Förderverein Schmidtschacht Helbra e.V. und in seinem Gesteinsgarten

Kontakt: Günther Tröge, Email: helbraerleben@web.de

Ausgangsfrage:

Welche Möglichkeit gibt es, Kupfer und andere Metalle aus Gestein zu gewinnen? **Antwort:** Das Gestein muss flüssig gemacht werden um dessen Bestandteile trennen zu können. **Frage:** Welche Möglichkeit gibt es, Erz bzw. Gestein flüssig zu machen? Was ist dafür die wichtigste Voraussetzung?

Antwort: Feuer!

1+2 Steinzeit. Steine als Werkzeuge. Beginn vor ca. 3,4 Mio. Jahren. Ende mit der Frühbronzezeit in Mitteleuropa um 2200 v. Chr. **3** Welche Möglichkeiten hatten unsere Vorfahren Feuer zu machen?

4 +9+10 Antwort: Wärme und Feuer kann man durch Reibung und auch durch ein Schlagen mit Feuerstein erzeugen.

5. 6000 Jahre alter Feuersteinschacht in

Erdoborn bei Eisleben. Eigenschaften des Feuersteins: leicht spaltbar, beim Schlagen mit anderen Stein gibt er heiße Funken

6 Feuerstein, (Silix, Flint) im Gesteinsgarten Helbra. **7** Holzichel mit Feuersteinklingen

8 Werkzeuge aus Feuerstein

11 Kupferhaltiger Malachit mit ca. 59% Cu (Kupferschiefer max. 2-3% Cu)

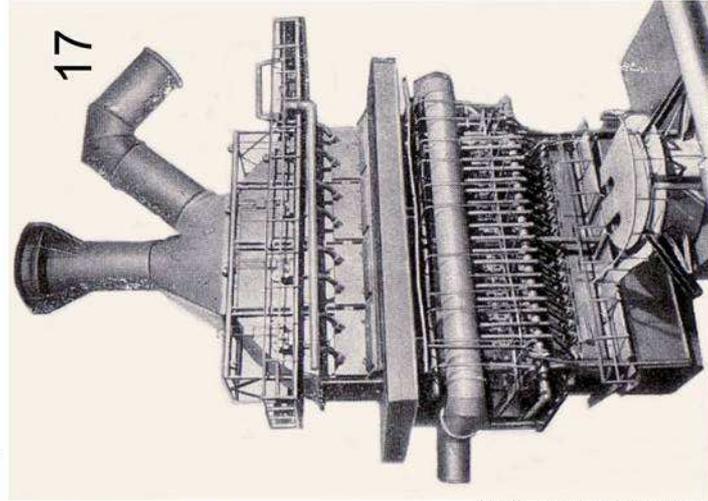
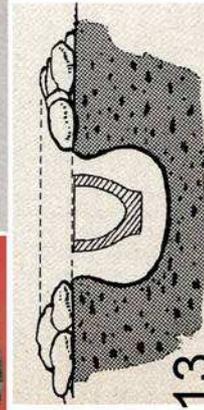
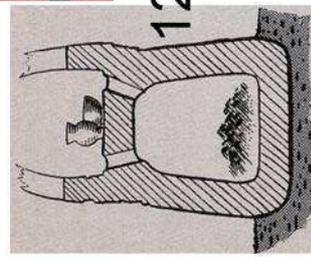
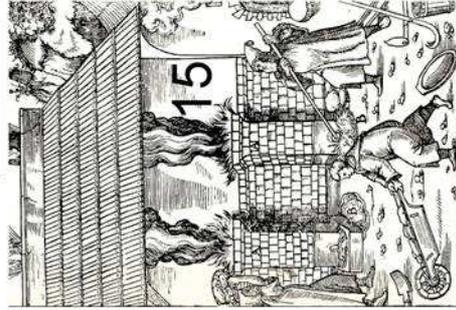
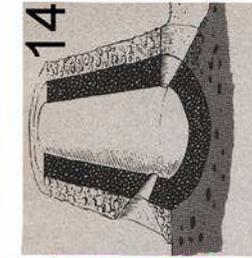
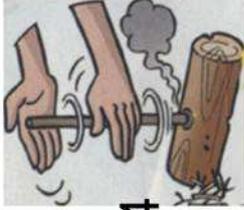
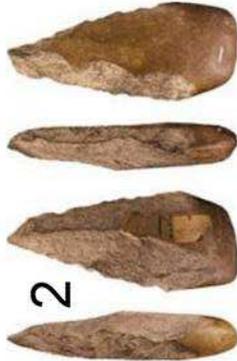
12. Töpferofen, Wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse haben die Menschen bei der Herstellung von Töpferwaren gesammelt.

In diesen antiken Töpferofen ca. 4000 v. Chr. konnten Temperaturen von 1000° bis 1200° erreicht werden. Wichtig war dabei eine starke Luftzufuhr. Diese Erkenntnisse waren wichtig um Erze schmelzen zu können.

13. Schmelzherd, wie er von frühen Bronze - schmiedern verwendet wurde. Eine Grube, die auch mit Steinen ausgekleidet sein konnte, war zur Aufnahme der Holzkohle und des Schmelz - fiiegels bestimmt. Um die Grube war ein Steinwall angelegt. Das Erz wurde zuvor mit Steinwerkzeugen zerkleinert.

14 Römischer Schachtofen zur Roheisengewinnung. Luftzufuhr über linke Öffnung, rechte Öffnung für Abfluss der Schlacke.

15. Schmelzofen im 16. Jahrhundert **16** Mansfelder Kupferschiefer mit Kupferkiesel. **17.** Modell eines Mansfelder Schmelzofens. **Die Zeitspanne zwischen 13+14+17 beträgt fast 8000 Jahre**



Geeignet ab 6./7.Klasse u.a. in Chemie

Kupfergewinnung-und Verarbeitung

- Reihenfolge -



Funde von GUSS- und Schmelztiegeln in einigen Siedlungen der Jungsteinzeit beweisen, dass die Technik der Kupferverarbeitung, d.h. das Schmelzen und Giessen des Metalls, bekannt war. Inwieweit damals richtiger Kupferbergbau betrieben wurde, lässt sich nur vermuten. Kupfer findet man in Gestein, das sowohl an der Oberfläche als auch im Berginnern gewonnen werden kann.

Untersuchungen der Kupferklinge von Ötzi haben ergeben, dass das Material dieser frühen Fundstücke nicht unter Tage gewonnen wurde, sondern von der verkrusteten Oberfläche von Kupferlagerstätten stammen muss. Auf jeden Fall finden sich im Alpengebiet zahlreiche Lagerstätten von Kupfererz (**Malachit, Azurit**), die für die Steinzeitmenschen erreichbar waren.



Welche Techniken und Geräte damals zum Schürfen des Erzes eingesetzt wurden, ist auch nicht bekannt. Die einfachste Abbau-methode war vermutlich das Abschaben der über Tage liegenden Krusten mit dem erzhaltigen Gestein.

Zum Einsatz dürften Werkzeuge wie **Geweihhacken** bzw. **Hörner- & Feuersteinpicken** und **Hammersteine** gekommen sein, eventuell auch die Methode des "**Feuersetzens**". Dabei wird das kupferhaltige Gestein mit Holzbränden, manchmal über mehrere Tage, erhitzt und anschliessend mit kaltem Wasser abgekühlt. Durch diesen Vorgang wurde das Gestein rissig und konnte leichter weggebrochen werden.

Die Gesteinsbrocken werden gesammelt und auf einer harten Unterlage mit Felsgestein in kleinere Stücke zermahlen, um das eigentliche Erz vom sogenannten 'tauben Gestein' zu trennen. Dann beginnt die Verhüttung des Materials, d.h. die Umwandlung von Erz in Metall. **Azurit und Malachit** sind **oxidische** Kupferverbindungen, die ohne weitere Vorarbeiten verhüttet werden können.



Schwefelhaltige Erze

wie Kupferkies müssen dagegen von ihrem Schwefelanteil befreit werden. Dazu werden die zerkleinerten Brocken zunächst einmal im Feuer geröstet. Während des Röstprozesses reagiert ein Teil des Schwefels mit dem Luftsauerstoff und entweicht als **Schwefeldioxid**, was sich durch einen starken Schwefelgeruch bemerkbar macht.

Da der **Kupferstein**, das Ergebnis dieses Vorganges, immer noch Schwefelanteile enthält, wird das Ganze wiederholt. Bei diesem Prozess kann ein sogenanntes Röstbett zur Anwendung kommen. Dieses besteht aus einem aus gestampftem Lehm gebildeten Rechteck mit einer leichten Vertiefung in der Mitte und einer Umfassung aus Steinen.

Das trockene Feuerholz wird so in dem Röstbett aufgeschichtet, dass das Erz deutlich oberhalb des Bodens auf das Holz gelegt werden kann. So kann sich das Erz erst in der Mitte der Vertiefung sammeln, nachdem es mit dem Sauerstoff reagiert hat.



Durch die Auskleidung des Röstbettes mit Lehm kann das geröstete Erz nach Abschluss des Röstvorgangs mehr oder weniger vollständig herausgelesen werden.

Derartige **Röstbette** wurden allerdings erst bei Ausgrabungen von Verhüttungsplätzen aus der späteren Bronzezeit entdeckt. Eine Verhüttung von schwefelhaltigen Erzen ist im Gegensatz zur Verwendung von Malachit und Azurit für die Jungsteinzeit nicht nachgewiesen und gilt als unwahrscheinlich.

Nun beginnt der eigentliche Schmelzvorgang, bei dem das Kupfer aus dem Erzgestein gewonnen wird.. Die entsprechende Methode entwickelte sich vor ca. 8000 Jahren im vorderen Orient, von wo aus sie sich vermutlich über Ungarn nach Mitteleuropa verbreitete und schliesslich vor 5000 Jahren auch den Alpenraum erreichte.



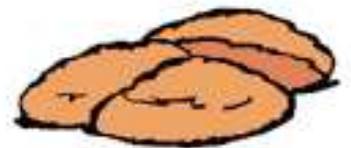
Verfallserscheinungen des Tempels, spricht für die Widerstandsfähigkeit von Kupfer als Verrohrungsmaterial.

Die Konstruktion eines Ofens der Jungsteinzeit hat aller Wahrscheinlichkeit nach jenen Schachtofen entsprochen, die aus Fundstellen der Bronzezeit bekannt sind. Ein solcher Ofen wird aus behauenen Steinblöcken mit Lehm als Mörtel gemauert, seine Innenseite vermutlich mit Lehm verkleidet. Am unteren Rand der Vorderseite befindet sich das Abstichloch mit der davor liegenden Schlackengrube. Darüber ist das Düsenloch angebracht, durch das die Windzufuhr erfolgt.

Für die Verhüttung des Erzes wird nun der Ofen mit Kupfererz und Holzkohle beschickt bzw. angefüllt, die in mehreren Schichten übereinander gelagert werden. Da Kupfer einen hohen Schmelzpunkt besitzt, muss in diesem Ofen eine Temperatur von über 1000° erreicht werden. Zu diesem Zweck wird der Holzkohleglut mehrere Stunden lang Sauerstoff bzw. Luft durch das Düsenloch zugeführt. Dies erreicht man mit Hilfe von Blasebälgen.

Wie ein solcher steinzeitlicher Blasebalg tatsächlich ausgesehen hat, ist nicht bekannt. Experimentelle Archäologen stellten aber funktionierende Blasebälge aus Ledersäcken her, die mit aus Ton gefertigten Rohren verbunden wurden. Über ein solches Tonrohr wird die Luft in den Ofen geblasen.

Sobald im Ofen die Schmelztemperatur erreicht wird, trennt sich das reine Kupfer von den Verunreinigungen, der eisenhaltigen Schlacke. Während letztere beim Ofenanstich durch das Abstichloch in die Schlackengrube abfließt, bleibt der Gusskuchen aus Rohkupfer (Kupferkuchen, Kupferbarren) am Grund des Bodens zurück.



Die Schlacke selbst kann wieder eingesammelt und nochmals eingeschmolzen werden, um auch den letzten Rest von Kupfer, der noch in ihr enthalten ist, zu gewinnen.

Diese Kupferkuchen können nun durch verschiedene Verarbeitungstechniken (Schmelzen, Giessen und Schmieden) zu Gegenständen weiterverarbeitet werden.

Die Kupferverarbeitung



Nach der Gewinnung von Kupfer aus Erzgestein kann die Herstellung von Gegenständen aus Metall beginnen.

Damalige Beilklinge und Messer bestanden aus beinahe reinem Kupfer. Die wenigen natürlichen Verunreinigungen aus Silber und Arsen waren von grösstem Vorteil für die weitere Verarbeitung, denn völlig reines Kupfer lässt sich nur sehr schlecht giessen.

Zum Giessen des Gegenstandes muss eine Gussform hergestellt werden. Diese kann aus Stein (Sandstein), Ton oder sogar Holz bestehen. Die Form des Gegenstandes wird mit geeigneten Werkzeugen (Steinmeissel etc.) aus den beiden Teilen der Gussform herausgearbeitet.

Bei der Verwendung von Ton kann auch eine Originalform oder ein aus Holz geschnittenes Modell bei der Anfertigung der Gussformen verwendet werden. Ein eigener Abluftkanal (Luftloch) dient dazu, dass beim Giessen die Gase entweichen können. Die beiden Teilformen werden fest zusammengebunden, und die Gussform mit Lehm verstrichen, um sie dicht zu halten.

Die kleinen Kupferbarren oder Kupferkuchen werden nun in einen Schmelztiegel (aus Stein) gegeben und in einer Holzkohleglut erhitzt. Damit der notwendige Schmelzpunkt von über 1000°C erreicht wird, muss man wieder auf den Einsatz von Blasebälgen zurückgreifen. Der Sauerstoff wird unterbrochen über ein Tonrohr ins Holzkohlefeuer geblasen, um die Glut zu entfachen und die extreme Hitze zu erzeugen.

Sowie das Kupfer schmilzt, muss alles sehr schnell gehen. Sollte Asche auf dem flüssigen Kupfer schwimmen, wird sie mit einem Pusterrohr weggeblasen, um Verunreinigungen vorzubeugen.



Dann wird das flüssige Kupfer in die vorbereitete, aufrechtstehende Gussform gegossen. Dieser Prozess ist sehr schwierig. Läuft der ganze Vorgang richtig ab, kann man damit rechnen, einen brauchbaren Rohling zu erhalten.

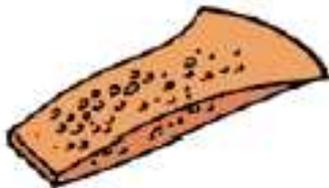


Schäumt oder spritzt aber das Kupfer während des Giessens, wird der Rohling kleine Hohlräume (Lunker) enthalten, die ihn für eine weitere Bearbeitung unbrauchbar machen - er ist zu porös. Während sich das Metall beim Erkalten zusammenzieht, können sich solche Hohlräume bilden, wenn das Kupfer beim Schmelzen Sauerstoff aufgenommen hat.

Man erkennt einen unbrauchbaren Rohling leicht an den zahlreichen Poren an seiner Oberfläche. Auch die Kupferklingen der gefundenen Steinzeitbeile waren nie frei von solchen Fehlern. Immer wieder finden sich Lunker in den Klingen.

Sobald sich die Gussform abgekühlt hat, wird sie geöffnet und der Rohling herausgenommen. Nun muss er in stundenlangender Arbeit durch Hämmern (Dengeln), Schleifen und Polieren in seine endgültige Form gebracht werden.

Eventuelle Gussgrate und Unebenheiten an den Stellen, an denen die beiden Teilformen aufeinandertreffen, müssen entfernt bzw. geglättet, die Schneide verbreitert und geschärft werden.



Das Schmieden einer Kupferklinge muss sehr vorsichtig vor sich gehen. Das Kupfer wird zwar durch das Hämmern gehärtet, aber gleichzeitig besteht auch die Gefahr, dass dabei das spröde Kupfer Risse bekommt.

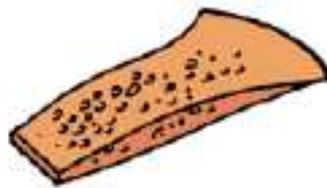
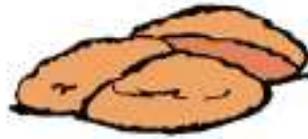
Das Schleifen der Klinge, insbesondere deren Schneide, erfolgt an Steinen und Felsen. Dabei kommt immer mehr die eigentliche rote und glänzende Farbe des Kupfers zum Vorschein, während der Rohling noch eine dunkle, schmutzige Tönung aufweist.



Aufgabe:

Bringe die Zeichnungen in die richtige Reihenfolge!

Wenn es dir gelungen ist, studierst du den Text im Anschluss und kontrollierst deine Arbeit.





Texte:



Funde von GUSS- und Schmelzriegeln in einigen Siedlungen der Jungsteinzeit beweisen, dass die Technik der Kupferverarbeitung, d.h. das Schmelzen und Giessen des Metalls, bekannt war. Inwieweit damals richtiger Kupferbergbau betrieben wurde, lässt sich nur vermuten. Kupfer findet man in Gestein, das sowohl an der Oberfläche als auch im Berginnern gewonnen werden kann.

Untersuchungen der Kupferklinge haben ergeben, dass das Material dieser frühen Fundstücke nicht unter Tage gewonnen wurde, sondern von der verkrusteten Oberfläche von Kupferlagerstätten stammen muss. Auf jeden Fall finden sich im Alpengebiet zahlreiche Lagerstätten von Kupfererz (**Malachit, Azurit**), die für die Steinzeitmenschen erreichbar waren.

Welche Techniken und Geräte damals zum Schürfen des Erzes eingesetzt wurden, ist auch nicht bekannt. Die einfachste Abbau-methode war vermutlich das Abschaben der über Tage liegenden Krusten mit dem erhaltigen Gestein.

Zum Einsatz dürften Werkzeuge wie **Geweihhacken** bzw. **Hörn- & Feuersteinpicken** und **Hammersteine** gekommen sein, eventuell auch die Methode des "**Feuersetzens**". Dabei wird das kupferhaltige Gestein mit Holzbränden, manchmal über mehrere Tage, erhitzt und anschliessend mit kaltem Wasser abgekühlt. Durch diesen Vorgang wurde das Gestein rissig und konnte leichter weggebrochen werden.

Die Gesteinsbrocken werden gesammelt und auf einer harten Unterlage mit Felsgestein in kleinere Stücke zermahlen, um das eigentliche Erz vom sogenannten 'tauben' Gestein zu trennen.

Dann beginnt die Verhüttung des Materials, d.h. die Umwandlung von Erz in Metall. **Azurit und Malachit** sind oxidische Kupferverbindungen, die ohne weitere Vorarbeiten verhüttet werden können.

Schwefelhaltige Erze

wie Kupferkies müssen dagegen von ihrem Schwefelanteil befreit werden. Dazu werden die zerkleinerten Brocken zunächst einmal im Feuer geröstet. Während des Röstprozesses reagiert ein Teil des Schwefels mit dem Luftsauerstoff und entweicht als Schwefeldioxid, was sich durch einen starken Schwefelgeruch bemerkbar macht.

Da der **Kupferstein**, das Ergebnis dieses Vorganges, immer noch Schwefelanteile enthält, wird das Ganze wiederholt. Bei diesem Prozess kann ein sogenanntes Röstbett zur Anwendung kommen. Dieses besteht aus einem aus gestampftem Lehm gebildeten Rechteck mit einer leichten Vertiefung in der Mitte und einer Umfassung aus Steinen.

Das trockene Feuerholz wird so in dem Röstbett aufgeschichtet, dass das Erz deutlich oberhalb des Bodens auf das Holz gelegt werden kann. So kann sich das Erz erst in der Mitte der Vertiefung sammeln, nachdem es mit dem Sauerstoff reagiert hat. Durch die Auskleidung des Röstbettes mit Lehm kann das geröstete Erz nach Abschluss des Röstvorgangs mehr oder weniger vollständig herausgelesen werden.

Derartige **Röstbette** wurden allerdings erst bei Ausgrabungen von Verhüttungsplätzen aus der späteren Bronzezeit entdeckt. Eine Verhüttung von schwefelhaltigen Erzen ist im Gegensatz zur Verwendung von Malachit und Azurit für die Jungsteinzeit nicht nachgewiesen und gilt als unwahrscheinlich.

Nun beginnt der eigentliche Schmelzvorgang, bei dem das Kupfer aus dem Erzgestein gewonnen wird.

Die entsprechende Methode entwickelte sich vor ca. 8000 Jahren im vorderen Orient, von wo aus sie sich vermutlich über Ungarn nach Mitteleuropa verbreitete und schliesslich vor 5000 Jahren auch den Alpenraum erreichte.

Die Konstruktion eines Ofens der Jungsteinzeit hat aller Wahrscheinlichkeit nach jenen Schachtofen entsprochen, die aus Fundstellen der Bronzezeit bekannt sind. Ein solcher Ofen wird aus behauenen Steinblöcken mit Lehm als Mörtel gemauert, seine Innenseite vermutlich mit Lehm verkleidet. Am unteren Rand der Vorderseite befindet sich das Abstichloch mit der davorliegenden Schlackenrube. Darüber ist das Düsenloch angebracht, durch das die Windzufuhr erfolgt.

Für die Verhüttung des Erzes wird nun der Ofen mit Kupfererz und Holzkohle beschickt bzw. angefüllt, die in mehreren Schichten übereinander gelagert werden. Da Kupfer einen hohen Schmelzpunkt besitzt, muss in diesem Ofen eine Temperatur von über 1000° erreicht werden. Zu diesem Zweck wird der Holzkohleglut mehrere Stunden lang Sauerstoff bzw. Luft durch das Düsenloch zugeführt. Dies erreicht man mit Hilfe von Blasebälgen.

Wie ein solcher steinzeitlicher Blasebalg tatsächlich ausgesehen hat, ist nicht bekannt. Experimentelle Archäologen stellten aber funktionierende Blasebälge aus Ledersäcken her, die mit aus Ton gefertigten Rohren verbunden wurden. Über ein solches Tonrohr wird die Luft in den Ofen geblasen.

Sobald im Ofen die Schmelztemperatur erreicht wird, trennt sich das reine Kupfer von den Verunreinigungen, der eisenhaltigen Schlacke. Während letztere beim 'Ofenanstich' durch das Abstichloch in die Schlackengrube abfließt, bleibt der Gusskuchen aus Rohkupfer (Kupferkuchen, Kupferbarren) am Grund des Bodens zurück. Die Schlacke selbst kann wieder eingesammelt und nochmals eingeschmolzen werden, um auch den letzten Rest von Kupfer, der noch in ihr enthalten ist, zu gewinnen. Diese Kupferkuchen können nun durch verschiedene Verarbeitungstechniken (Schmelzen, Giessen und Schmieden) zu Gegenständen weiterverarbeitet werden.

Die Kupferverarbeitung

Nach der Gewinnung von Kupfer aus Erzgestein kann die Herstellung von Gegenständen aus Metall beginnen.

Damalige Beilklinge und Messer bestanden aus beinahe reinem Kupfer. Die wenigen natürlichen Verunreinigungen aus Silber und Arsen waren von grösstem Vorteil für die weitere Verarbeitung, denn völlig reines Kupfer lässt sich nur sehr schlecht giessen.

Zum Giessen des Gegenstandes muss eine Gussform hergestellt werden. Diese kann aus Stein (Sandstein), Ton oder sogar Holz bestehen. Die Form des Gegenstandes wird mit geeigneten Werkzeugen (Steinmeissel etc.) aus den beiden Teilen der Gussform herausgearbeitet. Bei der Verwendung von Ton kann auch eine Originalform oder ein aus Holz geschnittes Modell bei der Anfertigung der Gussformen verwendet werden. Ein eigener Abluftkanal (Luftloch) dient dazu, dass beim Giessen die Gase entweichen können. Die beiden Teilformen werden fest zusammengebunden, und die Gussform mit Lehm verstrichen, um sie dicht zu halten.

Die kleinen Kupferbarren oder Kupferkuchen werden nun in einen Schmelztiegel (aus Stein) gegeben und in einer Holzkohleglut erhitzt. Damit der notwendige Schmelzpunkt von über 1000°C erreicht wird, muss man wieder auf den Einsatz von Blasebälgen zurückgreifen. Der Sauerstoff wird ununterbrochen über ein Tonrohr ins Holzkohlefeuer geblasen, um die Glut zu entfachen und die extreme Hitze zu erzeugen.

Sowie das Kupfer schmilzt, muss alles sehr schnell gehen. Sollte Asche auf dem flüssigen Kupfer schwimmen, wird sie mit einem Pusterohr weggeblasen, um Verunreinigungen vorzubeugen.

Dann wird das flüssige Kupfer in die vorbereitete, aufrechtstehende Gussform gegossen. Dieser Prozess ist sehr schwierig. Läuft der ganze Vorgang richtig ab, kann man damit rechnen, einen brauchbaren Rohling zu erhalten.

Schäumt oder spritzt aber das Kupfer während des Giessens, wird der Rohling kleine Hohlräume (Lunker) enthalten, die ihn für eine weitere Bearbeitung unbrauchbar machen - er ist zu porös. Während sich das Metall beim Erkalten zusammenzieht, können sich solche Hohlräume bilden, wenn das Kupfer beim Schmelzen Sauerstoff aufgenommen hat.

Man erkennt einen unbrauchbaren Rohling leicht an den zahlreichen Poren an seiner Oberfläche. Auch die Kupferklingen der gefundenen Steinzeitbeile waren nie frei von solchen Fehlern. Immer wieder finden sich Lunker in den Klingen.

Sobald sich die Gussform abgekühlt hat, wird sie geöffnet und der Rohling herausgenommen. Nun muss er in stundenlanger Arbeit durch Hämmern (Dengeln), Schleifen und Polieren in seine endgültige Form gebracht werden.

Eventuelle Gussgrate und Unebenheiten an den Stellen, an denen die beiden Teilformen aufeinandertreffen, müssen entfernt bzw. geglättet, die Schneide verbreitert und geschärft werden.

Das Schmieden einer Kupferklinge muss sehr vorsichtig vor sich gehen. Das Kupfer wird zwar durch das Hämmern gehärtet, aber gleichzeitig besteht auch die Gefahr, dass dabei das spröde Kupfer Risse bekommt.

Das Schleifen der Klinge, insbesondere deren Schneide, erfolgt an Steinen und Felsen. Dabei kommt immer mehr die eigentliche rote und glänzende Farbe des Kupfers zum Vorschein, während der Rohling noch eine dunkle, schmutzig-braune Tönung aufweist.



Dieses Thema könnte Bestandteil im Chemieunterricht sein
Bei Interesse kann das Kupfermineral Malachit besorgt werden.
Kontakt: G. Tröge, Email: helbraerleben@web.de

Das Malachit-Problem

Malcolm Hadfield

DAS MALACHIT-PROBLEM ist ein weiteres Beispiel des englischen, heuristischen Chemieunterrichts [1]. Seine Untersuchung wurde gewählt, um in das Thema *Kohlenstoffdioxid und Carbonate* einzuführen. Das Malachit-Problem ist Teil des ursprünglichen Schemas des Nuffield-Chemie-Projektes für den Ordinary-Level [2].

Stichworte: heuristischer Chemieunterricht · Malachit · Nuffield-Projekt

1. Einleitung

Malachit hat die Zusammensetzung $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$. Er gehört zum monoklinen Kristallsystem. Seine hervorstechenden Eigenschaften sind Farbe und Kristallform sowie seine Löslichkeit unter Aufbrausen in verdünnter Salzsäure. Seine Farbe bewegt sich über verschiedene Schattierungen von hell- bis dunkelgrün, in seiner natürlichen Gestalt ist er fast immer stalaktitisch, oft mit einer glatten Oberfläche und einer inneren Struktur von kompakten, radial von einem Zentrum ausgehenden Nadeln. Malachit ist ein weitverbreitetes sekundäres Kupfermineral, das sich in den Oxidationszonen von Kupferlagerstätten bildet, häufig vergesellschaftet mit anderen primären Erzen, aus denen es entsteht, und die es allmählich ersetzt. Ein sehr großes Vorkommen befindet sich in Südafrika, im Kupfergürtel von Zaire und Sambia. Malachit ist eine wertvolle Kupferquelle, er wird auch als dekorativer Halbedelstein geschätzt [3].

Malachit bildet sich unter Einwirkung atmosphärischer Luft (Wasser, Kohlenstoffdioxid) im Laufe einiger Jahre auf Kupferdächern und verleiht diesen aufgrund der hellgrünen Farbe ein attraktives Aussehen. Malachit kann man innerhalb weniger Tage auch erzeugen, wenn man in einem geschlossenen Kolben feuchtes, schwarzes Kupferoxid in einer Kohlenstoffdioxidatmosphäre hält [4].

In meiner Londoner Schule nutzten wir die Untersuchungen des Malachits, um das 2. Jahr Chemie zu beginnen. Die Schüler sind etwa 12 bis 13 Jahre alt. Wir dachten, daß es im Sinne der Theorie des Schweizer Psychologen Jean Piaget eine gute Idee sei, mit einem konkreten Beispiel zu beginnen, das später zu mehr formal operationalem Denken führen würde. Dabei sollen die Schüler die Zusammensetzung des Malachits erforschen und das Kohlenstoffdioxid kennenlernen.

2. Die Unterrichtskonzeption

Ich teile der Klasse lediglich mit, daß Malachit ein grünes Mineral ist, das in der Erdkruste gefunden wird. Ich stelle sodann die Frage, wie man die chemische Zusammensetzung dieses Stoffes feststellen könnte. Normalerweise wird die Antwort gegeben: *Durch Erhitzen*. Der Klasse wird folglich

die Erlaubnis gegeben, etwas Pulver dieses Stoffes zu erhitzen. Die Klasse stellt sodann fest, daß

- eine Farbveränderung von grün nach schwarz eintritt,
- sich Tropfen im oberen Teil des Reagenzglases bilden,
- das Pulver nach oben geschoben wird.

Auf Grund der letzten Beobachtung drängt sich der Gedanke auf, daß vielleicht ein Gas entsteht. Die Schüler können nun versuchen, durch weitere Untersuchungen die Art dieses Gases festzustellen. Bisher haben sie drei Arten von Gas kennengelernt: Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Nun aber stellen sie fest, daß dieses Gas mit Kalkwasser einen weißen Niederschlag bildet, und sie lernen, daß dieses Gas Kohlenstoffdioxid ist. Wenn Kohlenstoffdioxid aufgrund des vorhergegangenen Unterrichts schon bekannt ist, wird die bereits bekannte Nachweisreaktion für dieses Gas angewandt.

In der nächsten Stunde soll nun das schwarze Pulver untersucht werden. Was könnte es sein? Aus der Klasse kommen gewöhnlich die Antworten *Kohlenstoff* oder *Kupferoxid*. Wie kann nun zwischen diesen beiden Möglichkeiten unterschieden werden? Wir könnten zum Beispiel versuchen, das Pulver in Sauerstoff zu verbrennen. Dieser Versuch führt nicht zum Erfolg: Die Erklärung *Kohlenstoff* ist also auszuschließen.

Durch welchen Versuch könnte Kupferoxid nachgewiesen werden? Es wird vielleicht vorgeschlagen, eine Säure hinzuzufügen. Wenn wir das schwarze Pulver mit Schwefelsäure erwärmen, erhalten wir eine blaue Lösung. Dieser Versuch legt den Schluß auf Kupfer nahe.

Bei einem anderen Versuch wird das schwarze Pulver in einem Wasserstoffstrom erhitzt (Abb. 1). Es tritt eine Farbveränderung ein, es entsteht ein rotbraunes Pulver, das elektrisch leitet, d.h. es muß Kupfer sein, genauer gesagt, das schwarze Pulver muß Kupferoxid sein. Es bleibt noch, die Flüssigkeit zu untersuchen. Sie ist wahrscheinlich Wasser, was mit Cobaltchloridpapier überprüft werden kann. Wir können aber auch anhand einer Probe den Siedepunkt bestimmen.

Malcolm Hadfield was born in Sutton Coldfield, England, in 1936. He studied Natural Sciences at the University of Cambridge and Education at Birmingham University. He taught chemistry for 23 years, 16 of them at the City of London School. He then worked as an editor of Mineralogical Abstracts for 9 years. For many years he read German journals concerning the teaching of Chemistry and wrote articles for the School Science Review and abstracts for Education in Chemistry. He is now retired and pursuing his hobby of music.

Anschrift:

Malcolm Hadfield, MA, C. Chem., FRSC, 36 Cedar Drive, East Finchley, London, N2 OPS, Great Britain

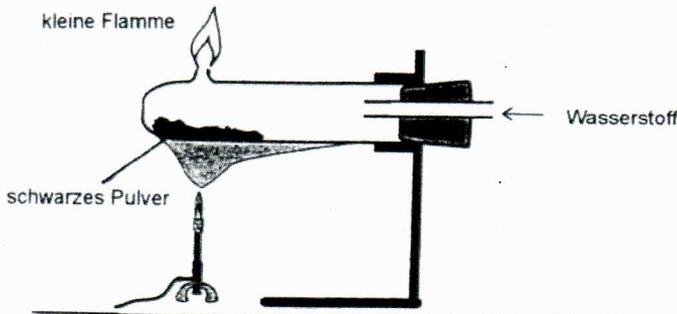


Abb. 1: Das schwarze Pulver wird im Wasserstoffstrom erhitzt

Wir haben festgestellt:

Malachit → Kupferoxid + Wasser + Kohlenstoffdioxid.

Malachit enthält also die Elemente Kupfer, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff. Was könnte nach allem nun Malachit eigentlich sein? Möglicherweise wird Kupfercarbonat vorgeschlagen. Es ist sehr schwer für die Klasse, die genaue Zusammensetzung des Malachits herauszufinden.

Wenn es eine Verbindung von Kupfer, Wasserstoff und Sauerstoff darstellen würde, so könnte es sich um Kupferhydroxid handeln. Malachit enthält jedoch Kupfercarbonat und Kupferhydroxid; es handelt sich folglich um basisches Kupfercarbonat.

3. Der Unterrichtsverlauf

Jetzt möchte ich das Nuffield-Projekt verlassen und Ihnen zeigen, wie ich etwas konventionellere Chemie unterrichtet habe. Es war meine Absicht, das Wissen der Schüler über chemische Verbindungen zu erweitern. Ich wählte dazu Kupferverbindungen, weil sie farbig sind und es leicht erkennbar ist, ob eine Reaktion abläuft oder nicht. Mein Grundgedanke war, daß man ein Konzept aufbauen könnte, um die Beziehungen zwischen den verschiedenen Verbindungen klar zu machen. Es stellte sich hierbei die Frage, ob wir die Schüler mit chemischen Formeln vertraut machen sollen.

Es herrscht zur Zeit in Großbritannien keine Einigkeit in der Frage, ob man Formeln lernen oder mit Hilfe des Valenzkonzeptes einüben soll. Wie Sie wissen, ist es das Problem bei Formeln, daß eine Verbindung aus Molekülen oder Ionen bestehen kann. Die Formel H₂O bedeutet, daß ein Wasser-Molekül aus zwei Wasserstoff-Atomen und einem Sauerstoff-Atom besteht, während die Formel NaCl bedeutet, daß in Natriumchlorid das kleinste Verhältnis von Natrium- zu Chlorid-Ionen 1:1 ist.

Wir haben an meiner Schule in London festgelegt, Formeln einzuführen und dabei mit dem Valenzkonzept zu arbeiten. Ich finde die Methode von Holme sehr nützlich (Fig. 2): Aus einer OHP-Folie schneide ich quadratische Stücke, auf die ich jeweils chemische Symbole schreibe, z.B. Cu, O oder Cl,

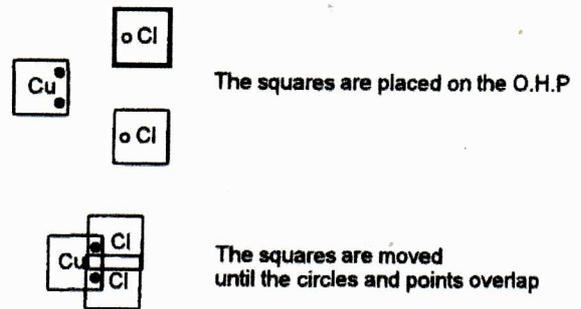


Fig. 2: The formula for copper(II)chloride [5]

Kreise oder Punkte zeigen die Valenz an. Die Quadrate werden auf die OH-Projektionsfläche gelegt und so lange hin- und hergeschoben, bis sich die Kreise und Punkte überdecken. Um alle Punkte zu überdecken, sind zwei Quadrate mit dem Chlor-Symbol erforderlich; d.h. für Kupferchlorid ergibt sich die Formel CuCl₂.

Aber nun zurück zu den bereits erwähnten Reaktionen. Wir haben schon festgestellt:

Malachit → Kupferoxid + Wasser + Kohlenstoffdioxid
(basisches Kupfercarbonat)

Kupferoxid + Wasserstoff → Kupfer + Wasser
CuO + H₂ → Cu + H₂O

Das Nuffield-Projekt betont, daß ein Versuch durchgeführt werden muß, um eine chemische Formel aufzustellen. Ab und zu habe ich mit einer Klasse die Reaktion zwischen Kupferoxid und Wasserstoff quantitativ durchgeführt (vgl. Arbeitsblatt 1. Um die Möglichkeit eines bilingualen Chemieunterrichts [8] zu eröffnen, sind die Arbeitsblätter und der Schluß dieses Konzeptes in Englisch geschrieben). Es ist in diesem Fall nicht nötig, die Schüler mit dem Molbegriff vertraut zu machen, um die Formel von Kupferoxid zu bestimmen (Abb. 3). Wir erstellen eine graphische Darstellung mit drei Geraden, die die Formeln Cu₂O, CuO und Cu₂O₂ darstellen sollen. Es ist nun erforderlich, die Masse des Kupfers und des Sauerstoffs durch einen Versuch zu bestimmen. Wir finden, daß unser Kupferoxid tatsächlich die Formel CuO hat (s. auch [6, 7]).

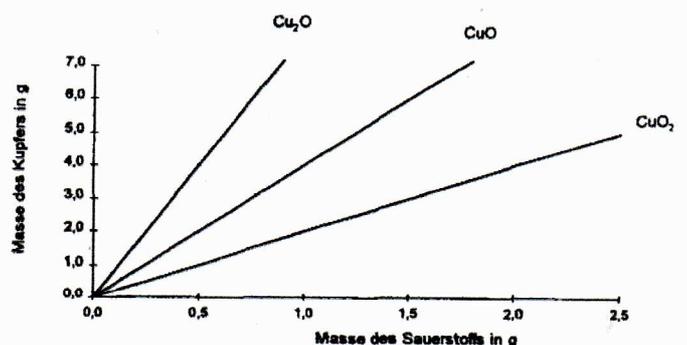
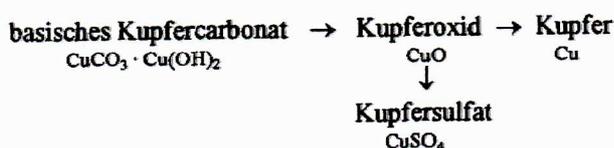


Abb. 3: Kupfer(II)-oxid - Formelbestimmung

Dies gibt uns die Gelegenheit herauszuarbeiten, daß es die wichtigste Eigenschaft einer Verbindung ist, daß ein konstantes Verhältnis zwischen den Massen der sie aufbauenden Elemente existiert, z.B. besteht schwarzes Kupferoxid immer aus 80% Kupfer und 20% Sauerstoff, d.h. Kupfer und Sauerstoff sind im Verhältnis 4:1 miteinander verbunden. Dieser Versuch ist am ehesten für die Demonstration durch den Lehrer geeignet.

Ein Versuch, den auch die Klasse bewältigen kann, ist es, Kupfersulfat aus Kupferoxid herzustellen. Dieser Versuch wird in der neuen Prüfungsordnung (General Certificate of Secondary Education) als Prüfungsaufgabe empfohlen.

We have now extended the copper framework to



To extend the framework further it is time for the pupils themselves to do some experiments (s. Arbeitsblatt 2). The pupils see that copper sulphate can be made from copper carbonate by the addition of dilute sulphuric acid. Three reactions of copper sulphate are demonstrated, namely, conversion to copper using zinc or electrolysis, and the precipitation of copper hydroxide using sodium hydroxide solution. The precipitate of copper hydroxide may be used in two ways: heating the precipitate gives black copper oxide again, and addition of dilute sulphuric acid gives a blue solution of copper sulphate.

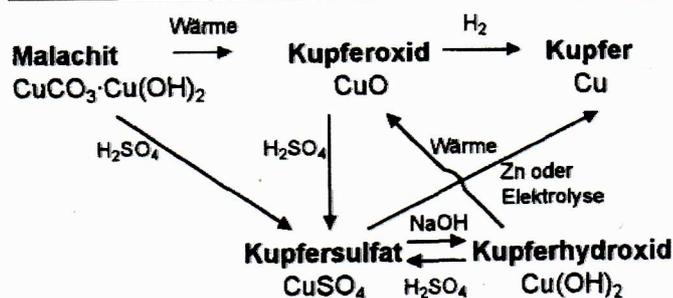


Abb. 4: Das Kupfer-Konzept

The complete framework is shown in Abb. 4. Thus, starting from malachite as a concrete example we have introduced the pupils to the simple reactions of copper and shown connections between them. Pupils can now have practice at writing formulae and equations (Arbeitsblatt 3).

In our chemistry course in London, this study of the elementary reactions of copper was followed by the study of marble (calcium carbonate). Here, similar reactions are occurring to those found in copper chemistry, but now the compounds are colourless.

Acknowledgements

This article is written with the permission of the Longman Group UK, Longman House, Burnt Mill, Harlow, Essex LM 20 2JE, UK

Literatur

- [1] M. Hadfield, Das Kupfer-Problem, CHEMKON 2/3 (1995) 103-106
- [2] Nuffield Foundation Science Teaching Project: Chemistry: The Sample Scheme Stages I and II: editor M. J. W. Rogers, published by Longmans Penguin 1966
- [3] The Illustrated Encyclopedia of the Mineral Kingdom: consultant editor Dr. Alan Woolley. Hamlyn - London, New York, Sydney, Toronto - 1978
- [4] H. Klic, Präludium über Malachit, chimica didactica, 1 (1981) 1-4
- [5] P. J. Holme, School Science Review, 1980, 217(61), 727-728
- [6] W. Jansen, W. Barkemeyer, H. Fickenfrerichs, R. Peper, Zur Ermittlung chemischer Formeln im Anfangsunterricht, NiU-P/C 32 (1984) 214-220
- [7] B. Kaminski, A. Flint, W. Jansen, Chemische Formeln im Anfangsunterricht, CHEMKON 1/4 (1995) 183-188
- [8] F. Bogner, Eine bilinguale Unterrichtseinheit zum Thema Glas, CHEMKON 2/1 (1995) 9-16
- [9] C. V. Platts, Enquiries in Chemistry: Atoms, Molecules and the Mole, Oliver and Boyd Ltd. 1966

Arbeitsblatt 3: Copper chart equations

Fill in the blanks in the following word equations, then write each equation in symbols:

- 1) malachite \rightarrow copper oxide +
- 2) malachite + sulphuric acid \rightarrow copper sulphate +
- 3) copper oxide + hydrogen \rightarrow copper +
- 4) copper oxide + sulphuric acid \rightarrow copper sulphate +
- 5) zinc + copper sulphate \rightarrow copper +
- 6) copper sulphate + sodium hydroxide \rightarrow copper hydroxide +
- 7) copper hydroxide \rightarrow copper oxide +

Arbeitsblatt 1: Reduction of copper oxide [9]

Black copper oxide was converted to copper by reduction in a stream of hydrogen. Draw a suitable form of apparatus in the space below.

First the clean empty test tube was weighed and then reweighed when containing some dry black copper oxide.

I) Why must the copper oxide be dry?

.....

II) Describe how you would dry a quantity of copper oxide.

.....

III) Why must care be taken when lighting the excess gas at the hole?

.....

IV) How can we find out when the chemical reaction is finished?

.....

V) The tube is allowed to cool down with the gas still passing through the tube and a tiny flame burning at the hole. Why is this done?

.....

At the end of the experiment the tube with the copper is weighed, f.e.:

mass of empty tube	15,213 g
mass of tube + copper oxide	23,180 g
mass of tube + copper	21,560 g

VI) What mass of copper is formed in the experiment?

.....

VII) What mass of oxygen is lost from the copper oxide?

.....

VIII) Mark on the graph (Abb. 3) the point corresponding to the masses of copper and oxygen found in VI) and VII).

IX) To which line is the point nearest?

X) What mass of copper oxide was used in the experiment? ...

.....

XI) Calculate the % copper in the compound.

.....

XII) Calculate the % oxygen in the compound.

.....

XII) State the Law of Constant Composition.

.....

XIV) What did John Dalton deduce from this law about atoms?

.....

Arbeitsblatt 2: Copper and its compounds

1. Place one spatula measure of malachite in a test tube; add a little dilute sulphuric acid and test for carbon dioxide.

2. Place about 20 cm³ of dilute sulphuric acid in a 100 cm³ beaker; add one spatula measure of malachite; when it has all reacted add another spatula measure; go on adding measures until no more will react. [No more carbon dioxide given off.] Filter, and collect the filtrate.

The filtrate is a solution of
 malachite + sulphuric acid →
carbon dioxide + water

You are going to perform four experiments with the filtrate:

a) Place a few cm³ of the filtrate in a test tube; add a piece of zinc foil and observe what happens - this may take a few minutes.

What do you see on the surface of the zinc?

What happens to the blue colour of the copper sulphate solution?

Complete the equation:

zinc + copper sulphate → +

This reaction occurs because zinc is more than copper.

b) Place a few cm³ copper sulphate solution in a test tube; add a little sodium hydroxide solution. What do you see?

.....

When two solutions were mixed and they produce a solid, the solid is called precipitate. You have made a precipitate of copper hydroxide. What other substance has been formed?

copper sulphate + sodium hydroxide →
 copper hydroxide +

c) Use the remainder of your copper sulphate solution in the 100 cm³ beaker. Connect the bulb and switch to 6 volt D.C. supply and fit two graphite electrodes; place the electrodes in the copper sulphate solution. What do you observe?

.....

d) Pour the mixture from b) into a 100 cm³ beaker. Warm gently on a tripod and gauze with stirring. What do you observe?

.....

copper hydroxide → +

